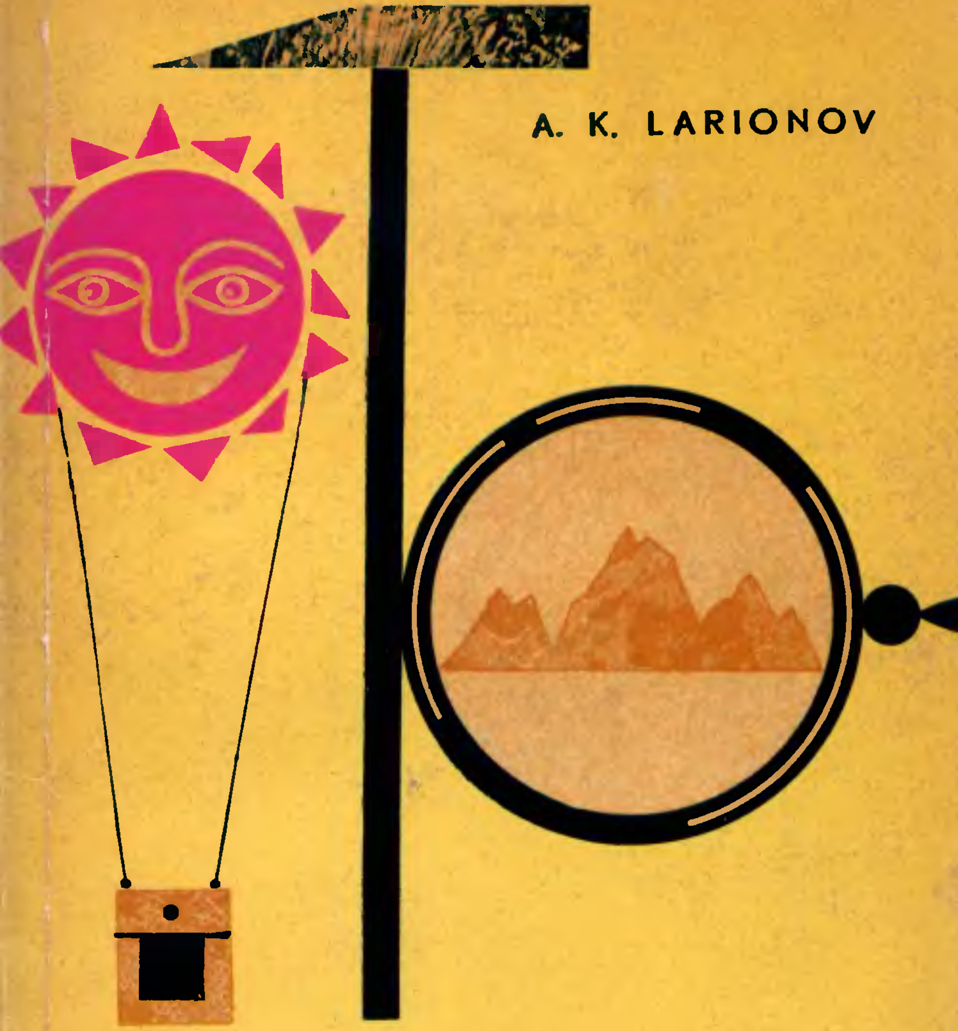
A. K. LARIONOV



GEOLOGIA DISTRACTIVĂ

A. K. LARIONOV

GEOLOGIA DISTRACTIVĂ

Traducere din limba rusă de N. STOIAN

EDITURA TINERETULUI

Desenele reproduse după originalul în limba rusă.
Coperta de D. IONESCU

А. К. Ларионов
ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ
ИНЖЕНЕРНАЯ
ГЕОЛОГИЯ
Государственное Издательство
Высшая Школа
Москва
1961.

ÎNAINTE DE A CONSTRUI

Desigur că fiecare ați ascultat în copilărie basme în care se povestea despre castele fermecate și cetăți ce zburau deasupra pămîntului. Și cine nu s-a delectat cu călătoriile fantastice ale lui Gulliver, care a întîlnit într-o bună zi un întreg oraș zburător — Laputa ?!

În realitate însă blocurile, turnurile, podurile, barajele și alte construcții făcute de om sînt amplasate temeinic pe suprafața pămîntului. Pămîntul le servește drept sprijin și fundament.

Se naște în mod firesc întrebarea : oare suprafața Pămîntului constituie întotdeauna o fundație sigură pentru edificii ?

La prima vedere s-ar părea că pămîntul este suficient de trainic și de stabil. Experiența multiseculară a constructorilor dezminte însă această afirmație. Nu arareori pămîntul se comportă ca o mamă vitregă rea față de construcțiile ridicate de om.

Care sînt cauzele ? Pentru aceasta vom aminti că astăzi construcțiile se execută din piatră, cărămizi, metal, lemn și alte materiale de mare rezistență. Printre ele locul principal îl deține betonul armat. Fiecare metru pătrat de suprafață de beton armat este în stare să suporte o greutate de 5 000 și chiar 10 000 tone, ceea ce reprezintă greutatea a 150—500 de vagoane încărcate.

Folosind materialele pomenite mai sus, constructorii realizează edificii monolite și foarte trainice.

V-ați întrebat vreodată cît cîntărește un astfel de edificiu ? Dacă luăm un creion și efectuăm calculele, vom constata că pînă și greutatea unor case de locuit relativ mici, cu o înălțime de 3—5 etaje, ajunge la o cifră destul de impresionantă — 4 000—15 000 de tone. Dacă facem același calcul pentru clădirile de mare înălțime din Moscova, vom afla că greutatea lor atinge 200 000—300 000 de tone.

Iată, deci, ce greutate trebuie să suporte pămîntul pe amplasamentul unei construcții.

Să vedem acum ce reprezintă suprafața pămîntului ? Pămîntul este alcătuit din cele mai diferite roci (denumite de constructori și terenuri). În cazuri relativ rare acestea sînt formațiuni naturale foarte rezistente : granit, gresie, calcar, care în ce privește rezistența depășesc adesea betonul armat. De cele mai multe ori însă se întîlnesc roci friabile ca : nisipul, argila, argila nisipoasă. Proprietățile acestor terenuri depind de originea și de condițiile naturale în care există. Rezistența lor este neînsemnată. Pot servi ca exemplu argilele intens umezite, care nu suportă mai mult de 5—10 tone pe metru pătrat, adică au rezistența de o mie de ori mai mică decît a betonului armat. În figura 1 se poate vedea cît de mare este diferența dintre stabilitatea terenurilor afînate ce alcătuiesc suprafața pămîntului și cea a materialelor de construcție din care se execută clădirile.

Priviți figura 2. Ea reprezintă un accident suferit de un siloz de beton armat din Canada. Rocile afînate slabe care se aflau într-o parte a temeliei silozului s-au îndesat intens în timpul construcției, provocînd o tasare unilaterală de 8,8 metri. Silozul de cereale s-a înclinat cu 27 de grade. Și, ca urmare, rocile fundației s-au sfărîmat, iar partea de beton armat de la suprafață a rămas stabilă și indestructibilă.

Faptul că partea de suprafață și-a păstrat caracterul de monolit a permis constructorilor să redreseze cu succes clădirea.

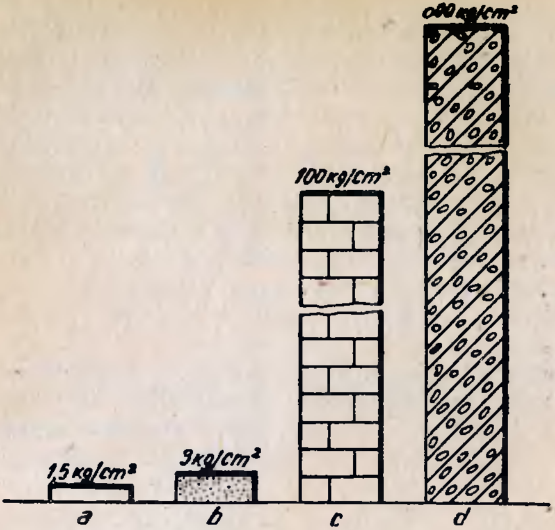


Fig. 1. — Diferența de soliditate (rezistență la strivire) a materialelor de construcție și a terenurilor: a — *argile umede;* b — *nisipuri;* c — *cărămizi;* d. — *beton.*

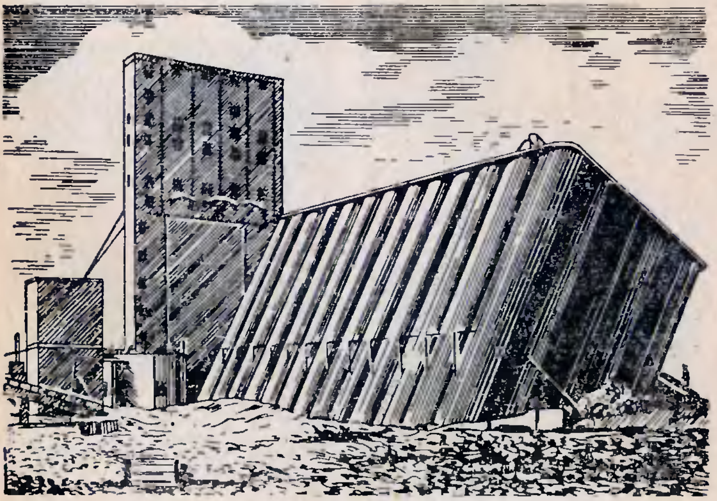


Fig. 2 — Avaria silozului de cereale din Canada.

Dar accidente ca cel expus mai sus nu au întotdeauna un deznodămînt fericit. În figura 3 este redat momentul căderii neașteptate a clopotniței înalte de o sută de metri a bisericii Sfîntului Marcu din Veneția. Catastrofa s-a produs în anul 1902 din pricina deplasării terenurilor de la fundația construcției.

Potrivit mărturiei istoricului din Roma antică Cornelius Tacitus (anii 55—120), „un oarecare Otilius, libert, hotărîndu-se a construi în Fidene un amfiteatru pentru reprezentațiile gladiatorilor, pe de o parte nu a așezat temelia pe un teren solid, iar pe de altă parte nu l-a întărit cu legături puternice de căpriori de lemn.

...Edificiul arhiplin a început să se zguduie și, prăbușindu-se, a împrăștiat dărîmăturile — acoperind într-o clipă o mare mulțime de muritori, atît dintre aceia care priveau spectacolul, cît și dintre cei care stăteau în jurul amfiteatrului..."

Exemplele citate ne permit să facem o primă deducție: înainte de a construi este necesar să fie studiate rocile care alcătuiesc suprafața pămîntului și să fie stabilită rezistența lor.

La suprafața pămîntului se produc deseori scufundări de teren, cutremure, alunecări de roci de pe versanți, surprinzători torenți de noroi, surpături și multe alte procese. În unele cazuri ele sînt rezultatul manifestării energiei exterioare solare, iar în altele — a ener-

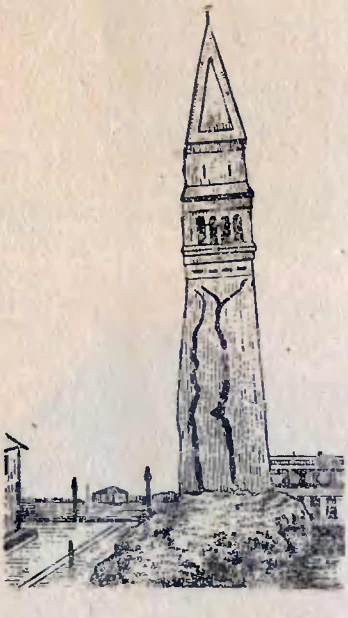


Fig. 3 — Prăbușirea clopotniței bisericii Sf. Marcu din Veneția, provocată de degradarea terenurilor de fundație.

giei interne a pămîntului, a cărei sursă principală o constituie procesele radioactive.

Uneori fenomenele catastrofale apar ca rezultat al acelei activităţi inginereşti a omului care încalcă echilibrul natural consolidat al suprafeţei pămîntului.

Nu poate exista nici un dubiu asupra faptului că fenomenele şi procesele despre care am vorbit pot reprezenta o serioasă ameninţare pentru clădiri.

De aici decurge şi a doua concluzie: înainte de a construi trebuie să se clarifice posibilitatea apariţiei diferitelor fenomene şi procese. Este necesar să se ia toate măsurile de precauţie pentru a se preveni distrugerea edificiilor în construcţie.

Aceste probleme principale sînt rezolvate de o ramură tînără a ştiinţei — geologia tehnică. Ea reprezintă un întreg complex de discipline geologice care studiază condiţiile geologice ale construcţiilor. Printre aceste discipline un loc important îl ocupă studiul terenurilor — ştiinţa despre roci, sau, după cum o denumesc constructorii, a terenurilor folosite ca fundaţie, a materialelor şi a mediului pentru diferite construcţii. Un alt capitol important al geologiei tehnice se ocupă de studiul influenţei pe care o exercită asupra edificiilor în construcţie fenomenele şi procesele naturale, precum şi cele generate de activitatea omului.

Cunoaşterea geologiei tehnice este utilă fiecărui om cult. Ea dezvăluie cauzele fenomenelor catastrofale, înlesneşte lupta împotriva superstiţiilor.

Trăim în epoca minunată a construirii viitorului comunist luminos, cînd cea mai neînfrîntă fantezie se transformă în realitate. Cu fiecare zi, Uniunea Sovietică devine tot mai puternică, tot mai frumoasă. Omul sovietic construieşte centrale electrice gigantice, sapă canale, creează mări artificiale, traversează spaţii de mii de kilometri cu linii de înaltă tensiune şi conducte de gaze, cucereşte Cosmosul.

Ţara sovietică păşeşte cu încredere înainte, spre comunism.

Se realizează cu succes planul septenal de dezvoltare a economiei naţionale. În toată ţara se desfăşoară pe o scară din ce în ce mai mare construcţii fără precedent.

Geologia tehnică îşi aduce aportul la rezolvarea problemelor septenalului. Cot la cot cu constructorii, inginerii-geologi lucrează la ridicarea stabilităţii şi durabilităţii caselor de locuit, podurilor, construcţiilor industriale şi ale altor edificii.

BIOGRAFIA TERENURILOR

Dacă rocile ar fi în stare să vorbească, atunci fiecare din ele ne-ar împărtăşi istoria interesantă a existenţei lor. Ca şi la vietăţi, în biografia rocilor se poate vorbi în mod convenţional despre „naştere", viaţă, dezvoltare şi, în fine, despre „moarte". De bună seamă aceste noţiuni nu au în cazul de faţă un sens biologic.

Geologii au izbutit să citească istoria pietrelor, să descopere secretele formării lor. Lucrul acesta a fost posibil deoarece toate etapele din viaţa rocilor lasă urme în compoziţia, structura şi proprietăţile lor. O importanţă foarte mare pentru studierea istoriei rocilor prezintă dispoziţia lor în scoarţa pămîntului şi resturile de plante şi organisme care sînt descoperite în masa de roci. Cunoscînd în ce perioadă au existat diferiţi reprezentanţi ai faunei şi florei ne putem da seama şi de vîrsta stratelor. În fine, data naşterii rocilor poate fi stabilită după gradul de dezintegrare a elementelor radioactive cuprinse în compoziţia rocilor.

Studiind şi comparînd observaţiile făcute, geologii au clarificat pas cu pas biografia tuturor rocilor. S-a constatat că rocile pot fi împărţite după originea lor, sau, cum spun geologii, după geneza lor (cuvînt de proveniență greacă, însemnînd în traducere — origine), în 3 grupe. Din prima grupă fac parte rocile solide-cristaline *eruptive*, care s-au format prin solidificarea magmei la suprafața (efuzive-revărsate) sau în adîncul pămîntului (abisale-intruzive). La început, aceste roci erau o masă topită, lichidă sau vîscoasă, avînd o temperatură de peste 11 000—12 000°C. După un timp ele s-au răcit, și, în urma unor procese complicate, s-au transformat în roci tari și rezistente: granit, bazalt, diorit etc. Formațiunile masive rămase la suprafața pămîntului sînt supuse acțiunii vîntului, căldurii și frigului, apei și gheții. Din an în an, de sute de mii și de milioane de ani, vîntul, căldura și frigul, apa și gheața rod, găuresc și dizolvă aceste roci tari, preschimbîndu-le în mormane de spărturi de particule mărunte și foarte fine (fig. 4).

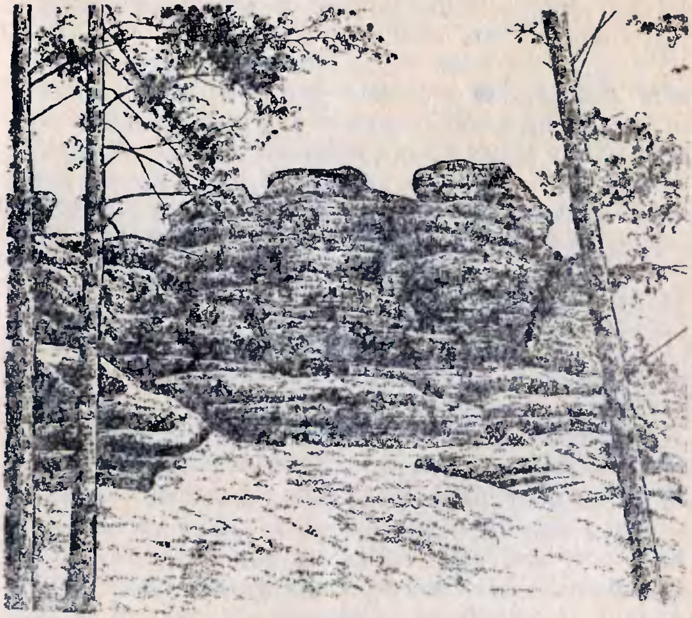


Fig. 4 — Masiv denudat de roci tari

Această dezagregare mecanică şi chimică a rocilor este denumită de geologi denudaţie eoliană. Spărturile care se formează sînt luate de cursurile de apă, de vînt, şi transportate. După ce străbat o cale mai lungă sau mai scurtă, ele se acumulează pe continente, în văile rîurilor, pe fundul mărilor, alcătuind acumulări friabile, în care cu timpul se formează diferite roci numite *sedimentare*. Rocile sedimentare constituie a doua grupă mare de roci.

Căile de acumulare a rocilor sedimentare sînt extrem de variate şi ele determină diversitatea proprietăţilor şi compoziţiei lor. La formarea rocilor sedimentare, în afara agenţilor externi (apă, variaţii de temperatură, vînt etc.) iau parte plantele şi animalele. Datorită activităţii acestora s-au format creta, calcarele cochilifere, turba şi alte roci analoage.

Rocile sedimentare sînt supuse şi ele cu timpul unor mari transformări. Ele se consolidează, şi în mediul lor apar minerale noi, depunîndu-se din soluţiile naturale care circulă în roci.

În unele sectoare ale mărilor, complexele depozitelor sedimentate provoacă prin greutate o coborîre, în fundamentul lor, denumită în geologie subsidenţă.

În aceste locuri apar acumulări de roci sedimentare de mai mulţi kilometri. În stratele inferioare ale acestor complexe, sub acţiunea presiunilor şi temperaturilor înalte, are loc o recristalizare şi formarea unui nou tip de roci, al treilea — tipul rocilor *metamorfice*. Trăsătura caracteristică a acestor roci este înalta lor densitate şi adeseori şistozitatea. Nici rocile metamorfice nu rămîn neschimbate. În timpul formării munţilor, rocile se cutează, alcătuind cute grandioase, stratele se curbează şi se rup. Nu rareori în urma acestor procese rocile metamorfice din adîncul pămîntului se ridică şi apar la suprafaţa pămîntului, unde le aşteaptă din nou procesele de eroziune.

Etapa contemporană a istoriei geologice se deosebeşte prin apariţia unui factor nou, care schimbă nu numai rocile, ci şi întreaga înfăţişare a pămîntului, şi anume — activitatea inginerească a omului. Această activitate a cuprins întinderile uriaşe ale continentelor. Oamenii desfăşoară lucrări mari pentru extracţia minereurilor, construirea canalelor, mărilor artificiale, schimbarea vegetaţiei, climei etc. Activitatea lor multilaterală contribuie la sfărîmarea unor roci şi la crearea altora, care au căpătat denumirea de *antropogene* (de la cuvîntul grecesc *anthropos*-om).

ROLUL BIOGRAFIEI TERENURILOR IN CONSTRUCŢII

Şcoala sovietică a geologiei tehnice ne învaţă că proprietăţile terenurilor se formează în cursul istoriei apariţiei şi dezvoltării lor.

Rocile magmatice se deosebesc prin stabilitatea lor înaltă. Ele pot să suporte presiuni foarte mari : de la 8 000 la 40 000 de tone pe metru pătrat. Pe astfel de roci, în general constructorii nu întîmpină dificultăţi. Dificultăţile apar numai în cazul ridicării construcţiilor pe roci intens dezagregate prin eroziune sau fisurare.

Ceva mai puţin rezistente sînt rocile metamorfice, dar şi acestea constituie o temelie bună pentru clădiri şi construcţii în genere.

De cele mai multe ori însă constructorii sînt nevoiţi să zidească pe terenuri sedimentare. Tocmai aici se constată diversitatea căilor de formare şi istoria existenţei ulterioare a rocilor.

Cele mai compacte depozite sedimentare sînt, probabil, vechile roci marine ; iar cele mai puţin sigure terenuri sedimentare sînt depozitele actuale aluvionare (fluviale) de pe terasele din albia majoră în timpul viiturilor, precum şi din cursul inferior şi deltele rîurilor. Nesigure sînt şi depozitele afînate actuale de pe fundul lacurilor şi mărilor.

De o mare importanță este clarificarea grosimii stratului de teren în studiu. Fapt este că terenul aflat în prezent la suprafață putea fi găsit în trecut la o mare adîncime sub învelișul altor roci. Ulterior complexul situat deasupra a fost spălat de apă. Dacă grosimea stratului acoperitor existent cîndva era de 100 de metri, atunci terenul s-a aflat sub o presiune de 200 de tone pe metru patrat, ceea ce corespunde greutății unor clădiri cu mai multe etaje. Desigur că pe un astfel de teren presat „în prealabil" se poate clădi fără nici o teamă.

Una din rocile continentale de suprafață, destul de compactă, este așa-numita argilă eratică, sedimentată sub ghețarii care acopereau cîndva regiunile nordice ale părții europene a U.R.S.S. Într-o măsură apreciabilă densitatea argilei este condiționată de presiunea învelișului glaciar.

În felul acesta, originea și istoria existenței terenurilor determină acele proprietăți care interesează îndeosebi pe constructori.

SĂ DISCUTĂM DESPRE NISIPURI

FIRE DE NISIP CĂLĂTOARE

Filozoful și matematicianul Pitagora din Grecia antică i-a pus în mare încurcătură pe elevii săi, adresîndu-le întrebarea: „Cîte fire de nisip sînt pe pămînt ?“

In una din poveştile pe care Șeherezada i le-a istorisit în timpul celor 1001 de nopţi împăratului Șahriar se spune că „oștile împăraţilor erau fără de număr, ca firele de nisip în deşert“.

Este foarte greu de numărat cîte fire de nisip sînt pe pămînt sau chiar într-un deșert. In schimb se poate stabili destul de lesne numărul aproximativ de fire de nisip dintr-un metru cub de nisip. Făcînd numărătoarea, vom afla că într-un asemenea volum numărul de fire de nisip va atinge cifre astronomice, de 1,5—2 miliarde de bucăţi.

In felul acesta comparaţia Șeherezadei a fost cel puţin nereușită, întrucît dacă cei doi împăraţi din poveste ar fi avut nevoie de atîţia soldaţi cîte fire de nisip se găsesc numai într-un metru cub de nisip, ei ar fi trebuit să cheme sub arme toată populaţia bărbătească a globului pămîntesc. De altfel şi aceasta ar fi fost insuficientă.

Oare de unde au apărut pe pămînt cantităţile imense de fire de nisip ? Pentru a răspunde la întrebarea ce s-a pus, să cercetăm mai îndeaproape această rocă deosebit de interesantă.

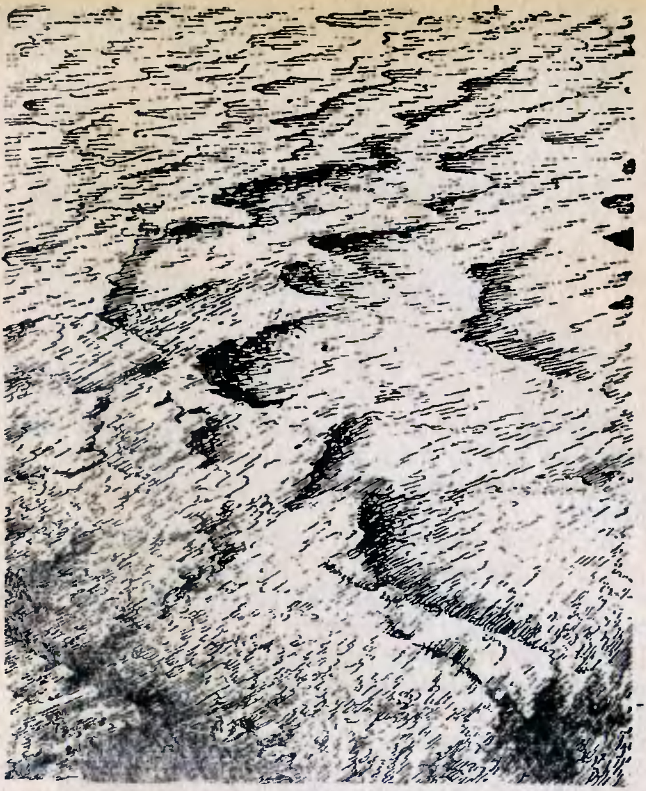


Fig. 5 — Mare de nisip.

Suprafețe continentale uriașe ale pămîntului sînt acoperite cu nisipuri. Acestea pot fi întîlnite pe malurile rîurilor și mărilor, în munți și pe șesuri. Dar extrem de mult nisip s-a strîns în pustiuri. Aici se formează uriașe rîuri și mări de nisip. Zburînd cu avionul deasupra deșerturilor Kîzîlkum și Karakum vezi o nețărmurită mare de nisip (fig. 5). Toată suprafața ei este acoperită de valuri mari, care s-au oprit parcă „si au încremenit în toiul unei furtuni nemaipomenite ce s-a dezlănțuit peste întinderi colosale". În deșerturile

Uniunii Sovietice mările de nisip ocupă o suprafață de peste 56 000 000 de hectare.

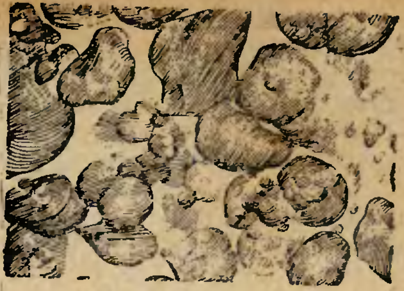


Fig. 6 — Aspectul boabelor de nisip la microscop.

Privind nisipul printr-o lupă, poți vedea mii de boabe de nisip care au diferite dimensiuni și contururi. Unele dintre ele prezintă o formă rotunjită, altele au dimpotrivă contururi neregulate (fig. 6).

Dacă folosim un microscop special putem măsura diametrul firelor de nisip. Cele mai mari dintre ele pot fi măsurate chiar cu ajutorul unei rigle obișnuite cu diviziuni de milimetri. Aceste fire „grosiere“ au un diametru de 0,5—2 milimetri. Nisipul alcătuit din particule cu astfel de dimensiuni se numește nisip cu granulație mare.

O altă categorie de boabe de nisip are diametrul de 0,25—0,5 milimetri. Nisipul alcătuit din asemenea particule a căpătat denumirea de nisip cu granulație mijlocie.

În sfîrșit, cele mai mărunte boabe de nisip au diametrul cuprins între 0,25—0,5 milimetri. Acest nisip poate fi măsurat numai cu ajutorul unor aparate optice. Dacă în nisipuri predomină boabele de acest fel, ele capătă denumirea de nisipuri cu granulație mică sau fină.

Cum se formează boabele de nisip?

Geologii au stabilit că apariția lor are un istoric lung și complicat. Strămoșii nisipului sînt rocile masive: granitul, gnaisul, gresia. Atelierul în care are loc procesul de transformare a acestor roci în acumulări de nisip este însăși natura. Zi de zi, an de an, rocile sînt supuse eroziunii. Ca urmare, chiar și o rocă tare ca granitul se degradează în bucăţi care se fărîmiţează din ce în ce mai mult.

O parte din produsul eroziunii se dizolvă şi este transportată. Rămîn doar mineralele cele mai rezistente la acţiunea agenţilor atmosferici, în special cuarţul — oxidul de siliciu, unul dintre cei mai stabili compuşi de pe suprafaţa pămîntului. Intr-o cantitate mult mai mică în nisipuri se pot intîlni feldspaţi, mică şi alte cîteva minerale.

Istoria boabelor de nisip însă nu se încheie cu aceasta. Pentru a forma marile acumulări de nisip este necesar ca boabele să se transforme în nişte călători.

CĂLĂTORIE PE APĂ ÎN JURUL LUMII

Plouă cu găleata. Oriunde ai privi, vezi curgînd şuvoaie de apă tulbure. Să luăm într-un pahar puţin lichid dintr-un şuvoi şi să-l lăsăm să stea liniştit. După un anumit timp vom observa că pe fundul paharului s-a format un strat de nisip, iar apa s-a mai limpezit.

O dată cu apa de ploaie am scos din şuvoi boabe de nisip călătoare. Şuvoiul este una din principalele căi de transport a boabelor formate în urma eroziunii.

Şuvoaiele cu apă de ploaie sau de rîu iau şi transportă nisipul fin, înaintînd cu o viteză de 0,3 metri pe secundă. Cînd însă viteza lor atinge un metru pe secundă, şuvoaiele pot să deplaseze nu numai nisipul cu granulaţie mare, ci şi pietrişul mărunt. In fine, dacă şuvoiul curge cu o viteză de 2 metri pe secundă, el poate să transporte prundiş cu un diametru pînă la 10 centimetri (fig. 7).

Atît de mare este puterea unui şuvoi de apă.

Spălînd suprafaţa pămîntului, şuvoaiele cu apă de ploaie transportă firele de nisip şi le depun în rîuri.

Dacă firul de nisip nu va fi oprit undeva în rîu, el poate să ajungă pînă la mare.

În decurs de un an rîurile transportă cantităţi colosale de materiale în suspensie — nisip, mîl, argilă (fig. 8). Pînă la crearea lacurilor de acumulare, Volga, de pildă, evacua 20 000 000 de tone de rocă. Acum această cantitate s-a redus simţitor. Amu-Daria scoate în Marea Aral o masă şi mai mare de material în suspensie. Cantitatea anuală de detritus evacuată de Amu-Daria este evaluată la 570 000 000 de tone.

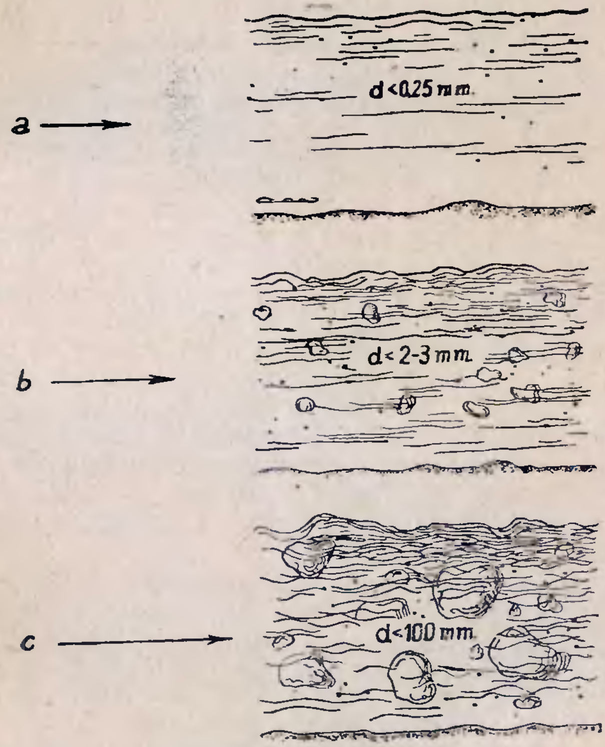


Fig. 7 — Cu cît se mişcă mai repede apa, cu atît boabele pe care le transportă sînt mai mari: a — la o viteză de 0,3 *m/s*, b — la o viteză de 1 m/s, c — la o viteză de 2 m/s

Marele rîu Yangtze din China aduce în Marea Galbenă în fiecare an peste 2,5 miliarde tone de nisip, mîl și particule de argile. Granulele cărate în mare fie că se depun pe fund, formînd depozite de nisip, fie că își continuă călătoria. Acest din urmă caz este posibil atunci cînd firele de nisip sînt antrenate de curenți marini sau oceanici.

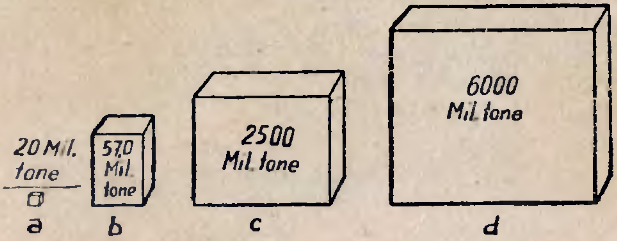


Fig. 8 — Cantitatea de nisip sau de argilă evacuată de rîuri pe an: a — *de Volga (pînă în anul 1940)*, b — de *Amu-Daria*, c — *de Yangtze*, d — *de Amazonas.*

În felul acesta un bob de nisip luat de apă poate să facă aproape o călătorie în jurul lumii.

Desigur că nu toate firele de nisip izbutesc să parcurgă o cale atît de lungă. O parte din ele sînt reținute în albiile șuvoaielor formate de ploaie, sau se depun în văile rîurilor. O cantitate însemnată de boabe fine de nisip se sedimentează în zona de pe cursul inferior al rîurilor, unde apa se mișcă mai încet. Acumulările de aici formează o masă de insule de nisip.

Făcîndu-și drum printre aceste insule, apele rîului formează o mulțime de brațe. Asemenea sectoare ale rîurilor se numesc delte. Priviți harta U.R.S.S. Iată deltele Volgăi, Donului, Kubanului, Terekului — toate alcătuite din sute și chiar mii de mici insule de nisip-mîl, separate una de alta prin brațe.

Acumulările de fire de nisip se formează de asemenea pe litoralul și în zona de litoral a mărilor și oceanelor. Nisipurile depuse de apă au căpătat denumirea de nisipuri *aluvionare* și *marine.*

PRIN AER ŞI DE-A BERBELEACUL

O parte din boabele de nisip nu se lasă antrenate de apă, şi atunci ele pleacă în călătorie prin aer. Vîntul este în stare să deplaseze particulele prin aer şi tîrîş, ba chiar de-a berbeleacul pe pămînt. Un vînt uşor, a cărui viteză nu depăşeşte 6,5 metri pe secundă, ridică în văzduh şi transportă boabe de nisip fine şi mici cu un diametru pînă la 0,25 milimetri. Un vînt moderat sau unul puternic (10 metri pe secundă) este în stare să transporte granule cu un diametru pînă la un milimetru. Dacă vîntul devine foarte puternic şi vijelios (20 metri pe secundă), curentul tare antrenează nu numai boabele de nisip, dar şi pietricelele mărunte (fig. 9).

Luate de vînt, granulele fine şi mici de nisip pot să străbată drumuri lungi, să se deplaseze la multe sute şi chiar mii de kilometri. Se pot da multe exemple interesante de peregrinări de acest fel ale boabelor de nisip. Iată: Insulele Canare se găsesc la 200—300 de kilometri de ţărmurile Africei. Vînturile

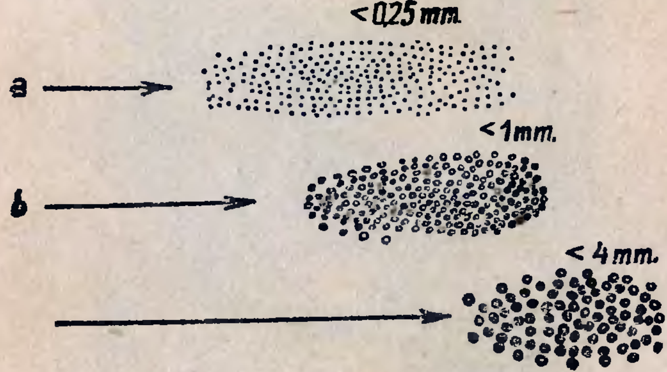


Fig. 9 — Cu cît viteza vîntului este mai mare, cu atît particulele pe care le transportă sînt mai mari: a — *în cazul vîntului slab (6,5 metri/secundă)*, b — *în cazul vîntului puternic (10 metri/secundă)*, c — *în cazul vîntului vijelios (20 metri/secundă)*.

de răsărit, care bat dinspre aceste țărmuri în partea insulelor, transportă o mare cantitate de nisip fin. Acest lucru duce la acumularea a numeroase coline de nisip pe malurile de est ale insulelor Fuerteventura și Gran Canaria.

Se pot găsi și în Uniunea Sovietică exemple de atare transport de nisip fin și praf. Astfel, atunci cînd suflă vînturile puternice din est, boabele fine de nisip și praful sînt transportate prin aer în cantități mari

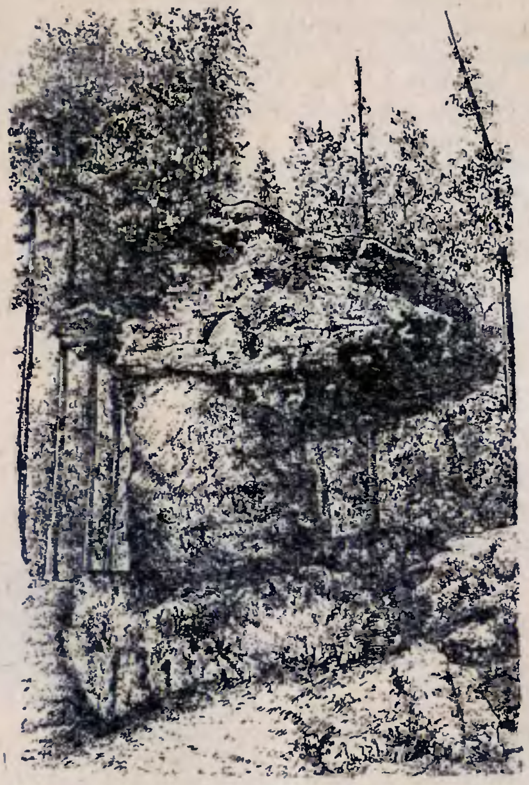


Fig. 10 — Nisipul cu granulație medie și mare denudează deosebit de intens părțile inferioare ale stîncilor, dîndu-le o formă de ciupercă.

din spaţiile nisipoase ale Karakumului pe malurile de vest ale Mării Caspice.

Boabele de nisip mai mari sînt deseori purtate de la un loc la altul pe distanţe foarte mari, prin rostogolire pe pămînt. Chiar şi în cazul vînturilor puternice, firele de nisip se ridică rareori mai sus de 3—4 metri de la suprafaţa pămîntului. Intîlnind în drumul lor obstacole sub formă de proeminenţe ale unor roci masive, sau diverse clădiri, ele le bombardează energic. In regiunile de pustiu se pot vedea adesea stînci cu forme stranii de ciupercă (fig. 10). Partea lor inferioară, pînă la o înălţime de 2—4 metri, este deosebit de intens erodată prin lovituri (coroziune mecanică) de mii şi milioane de particule medii şi mari, antrenate de curenţii de aer.

Călătoria bobului de nisip prin aer se termină de cele mai multe ori atunci cînd el ajunge în locuri greu accesibile sau cu totul inaccesibile vîntului, sau în locuri acoperite de vegetaţie.

Nisipurile friabile acumulate în felul acesta sînt denumite de geologi — după numele zeului vîntului din mitologia greacă — nisipuri *eoliene.*

„FLAGELUL" LITORALURILOR

Nisipurile călătoare sînt într-o serie de cazuri o serioasă piedică pentru construcţii. Acest lucru face ca ele să constituie un important obiect de studiu tehnico-geologic. Deosebit de periculoase sînt acumulările de nisipuri friabile mişcătoare. Să facem cunoştinţă cu această varietate de roci nisipoase.

Acolo unde fundul mării şi plaja sînt constituite din nisip, vîntul care suflă dinspre mare spre uscat îl evacuează în zonele de coastă alăturate.

Dacă în spatele plajei există tufişuri, iarbă sau denivelări de teren, acestea reţin boabele de nisip. Cu

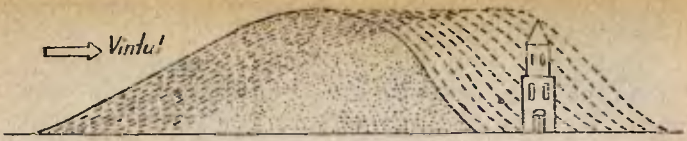


Fig. 11 — Formarea şi deplasarea dunei pe malul mării.

timpul, în astfel de locuri se strîng la început mici movile, iar mai tîrziu dealuri întregi de nisip (fig. 11). Acumulările acestea de nisip, numite *dune*, sînt un adevărat flagel al litoralurilor. Dunele frontale cresc repede în dimensiuni pe seama cantităţilor mereu noi de nisip transportat de vînt de pe plajă. După ce atinge o anumită mărime, duna începe să înainteze în interiorul continentului. Această mişcare se produce datorită deplasării boabelor de nisip de către vînt pe panta dulce în sus, pînă la creastă, şi a căderii ulterioare a particulelor, în jos, pe versantul abrupt ferit de vînt. După duna frontală se formează un nou val de dune, care se pun de asemenea în mişcare. În felul acesta pot să apară zeci de valuri de dune mişcătoare (fig. 12).

Deplasîndu-se în astfel de „valuri", dunele produc multe nenorociri: rambleează cu nisip ogoare, case şi aşezări întregi.

O regiune de mare răspîndire a dunelor se află de-a lungul coastei Oceanului Atlantic în Franţa. Aici, în apropierea oraşului Arcachon, se găsesc cele mai înalte dune din Europa. Ele reprezintă lanţuri de munţi în miniatură, cu piscuri „fumegînd" în bătaia vîntului, întocmai ca la vulcani. Lăţimea zonei cuprinsă în aceste locuri de nisipurile mobile atinge 9—10 kilometri. De fapt, ele formează de-a lungul ţărmului puţin ridicat al Oceanului Atlantic valuri aproape neîntrerupte pe o întindere de 400 de kilometri. Înălţimea obişnuită a dunelor din această regiune măsoară zeci de metri. Aglomerările de nisip deosebit de masive ating 70—90 de metri.

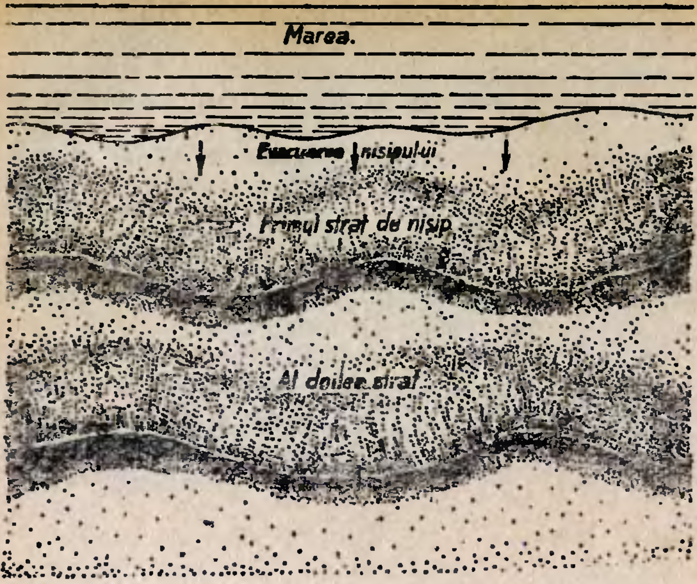


Fig. 12 — Schema formării lanțului de dune

Înaintînd necruțător în interiorul continentului, nisipurile zburătoare acoperă uneori totul în drumul lor. În secolul al XVIII-lea nisipurile au îngropat localitatea Soulan de lîngă promontoriul Le Havre, tîrgușoarele Remblie și Bellefontaine din Picardie. Clopotnița din Soulan, îngropată în anul 1744, a reapărut după trecerea „valului" de nisip, iar biserica întreagă a fost curățată de nisip abia în anul 1859. Viteza de mișcare a dunelor din Franța variază de la 10 la 25 de metri pe an.

Dunele sînt larg răspîndite pe coasta sudică a Mării Baltice și a Mării Nordului, precum și pe litoralul Golfului Finic.

În Germania, pe insula Sylt, situată în Marea Nordului, nisipurile zburătoare au îngropat satele Rentum și Nieblum.

Șirurile de dune nu sînt o raritate nici pe litoralurile Uniunii Sovietice. Sînt cunoscute în special nisipurile mobile din republicile baltice (R.S.S. Letonă și R.S.S. Lituaniană), din regiunea Kaliningradului, pe lîngă Sestrorețk (la 34 kilometri de Leningrad). Dunele se întîlnesc și pe coasta Mării Caspice și a Mării Negre.

În împrejurimile orașului Liepaia se înalță cea mai mare dună din Letonia, purtînd numele răsunător Kiuppe Kalis. Înălțimea ei atinge în prezent 70 de metri. Acolo unde se ridică astăzi acest munte de nisip, în secolul al XVII-lea se afla o localitate înfloritoare. Nisipurile mobile au distrus și au îngropat case și grădini, cîmpii și drumuri.

Dunele se formează nu numai pe coasta mărilor, dar și pe malurile nisipoase ale rîurilor. Ele pot fi întîlnite în văile Niprului, Donului și ale altor rîuri. Dimensiunile acestor dune sînt însă mult mai mici.

MĂRI DE NISIP

Cantități imense de nisip s-au strîns în deșerturile Kîzîlkum, Karakum, Sahara, Rub el Khali (Arabia) și multe altele. De culoare cenușie-deschisă sau aurie, nisipurile creează un relief cu forme variate. În unele locuri ele reprezintă suprafețe drepte, netede, în timp ce în altele se înalță ca dealuri de diferite mărimi și configurații. Acumulările de nisip friabil în deșerturi, care amintesc de dunele de litoral, au căpătat denumirea arabă de *barcane*.

Barcanele au o formă ciudată. Privite de la înălțime, au formă de seceră sau de potcoavă, iar capetele lor ascuțite seamănă cu niște coarne (fig. 13). Este interesant că aceste coarne, asemenea unei giruete, sînt totdeauna întoarse spre partea în care bate vîntul.

Uneori se întîlnesc şi alte forme de barcane. De pildă, în Sahara, spre deosebire de Asia Centrală, barcanele au un contur mai complicat și în secțiune plană amintesc de litera latină „S".

Barcanele sînt relativ rareori izolate. Mînate de vînt, ele se adună laolaltă, formînd lanțuri sau catene deluroase alungite (deseori pe distanțe mari). În Sahara se întîlnesc catene deluroase lungi de 100 kilometri. Mai multe lanțuri sau catene de acestea formează masive de nisip de barcane.

Aglomerările masive de nisip înaintează în deșert, una după alta, asemenea valurilor mării. Între catene mari apar uneori coridoare originale. Datorită suprafeței netede și a tasării nisipului, coridoarele sînt foarte potrivite pentru circulația în deșert. Lățimea acestor drumuri naturale măsoară sute și chiar mii de metri.

Înălțimea catenelor deluroase de nisip atinge 60—70 de metri în deșerturile din Asia Centrală. În deșerturile din peninsula Arabia se pot vedea lanțuri de barcane care se ridică la 100 de metri. Deosebit de mare este înălțimea lanțurilor de barcane în Sahara. Aici se găsesc masive cu o înălțime de 200 de metri. Deasupra lor se ridică piramide de nisip izolate. Profesorul Capo-Ray de la Universitatea din Cairo arată că aceste aglomerări de nisip piramidale ating deseori înălțimea de 300—500 de metri.

Piramide de nisip friabil de dimensiuni

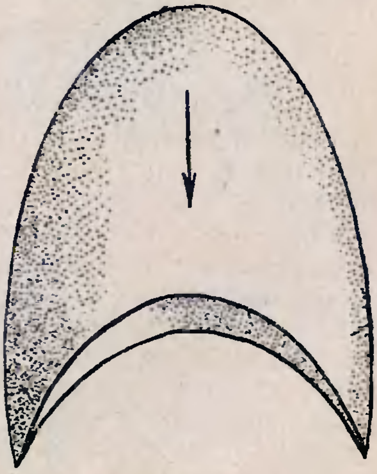


Fig. 13 — **Barcană (văzută de sus)**

puţin mai mici se formează şi în deşerturile de pe teritoriul sovietic al Asiei Centrale.

În admirabila carte „Fata deşertului", B. A. Fedorovici face următoarea comparaţie interesantă: „La construcţia celei mai mari piramide egiptene — a faraonului Keops (Khufiu) — au fost necesare 2 300 de blocuri de piatră, cîntărind fiecare 2,5 tone; ea a fost durată, potrivit legendei, de 100 000 de sclavi în 20 de ani. Piramida lui Keops este însă un pigmeu în comparaţie cu piramida de nisip, deoarece înălţimea ei este de 147 de metri, nu de 500..." Iată, deci, ce grandioasă muncă efectuează vîntul — creatorul piramidelor de nisip.

Nisipurile din deşerturi, la fel ca şi dunele de pe litoraluri se pot deplasa în direcţia vîntului dominant. Mobilitatea cea mai mare o au barcanele situate izolat, în afara catenelor şi a lanţurilor de nisip. Deplasarea acestora din urmă atinge rareori viteze mari.

Savantul Capo-Ray, citat mai sus, consideră că masivele de barcane din Sahara se deplasează cu o viteză puţin vizibilă omului. Viteza de mişcare a barcanelor situate izolat este mai vizibilă şi variază de la 5—6 la 15—25 metri pe an.

Nisipurile mobile îngreuiază circulaţia în deşert, astupă fîntînile.

Deseori, deplasîndu-se, barcanele îngroapă în drumul lor grădini, case şi chiar aşezări întregi.

Astfel, în secolul al XIV-lea în urma deplasării masivului de nisip Uaran, în Sahara a fost astupată înfloritoarea oază Abueir. Casele, palmierii şi ogoarele au rămas sub învelişul de nisip.

În anul 1907, în localitatea In Salah (Sahara) locuia renumitul fizician Foucault. În prezent casa în care a stat el este pe jumătate acoperită de nisipul care înaintează din deşert. În aceeaşi regiune s-a descoperit un crîng de palmieri îngropat. Nisipul a acoperit palmierii cu coroană cu tot.

În deşerturile Kîzîlkum şi Karakum se cunosc de asemenea localităţi şi oaze îngropate în nisip (fig. 14).

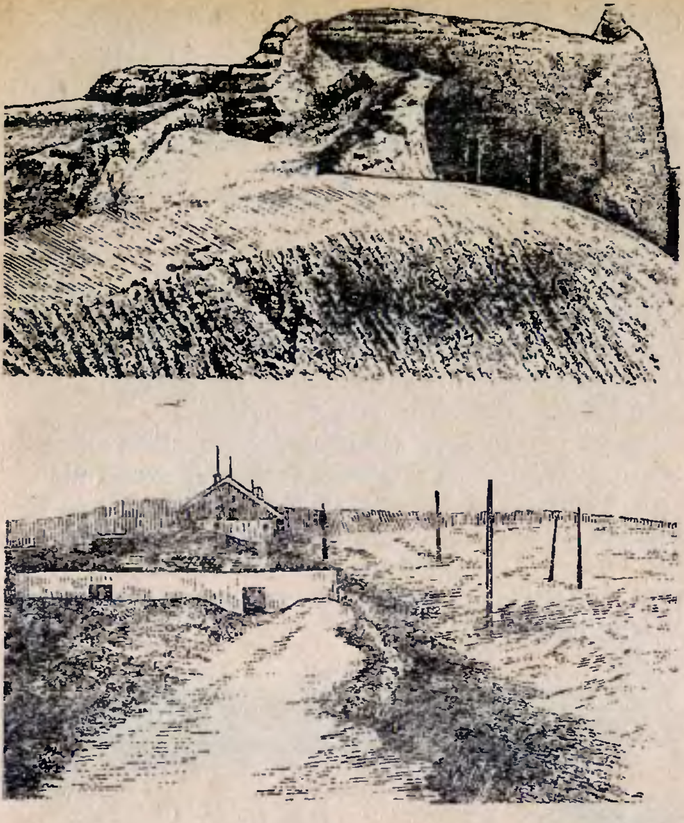


Fig. 14 — Deşertul în ofensivă : *sus — vechea cetate Anka îngropată în nisip; jos — case pe jumătate îngropate lîngă exploatarea Vişka.*

Lupta împotriva nisipurilor mişcătoare din deşerturile Uniunii Sovietice reprezintă azi o importantă problemă de stat. La rezolvarea ei iau parte alături de ingineri-geologi şi hidrotehnicieni, botanişti, specialişti în ameliorații silvice şi din multe alte domenii ale ştiinței şi tehnicii. Prin munca lor dîrză oamenii sovietici şterg cuvîntul „deşert“ de pe harta republicilor din Asia Centrală.

CUM POATE FI OPRITĂ MIȘCAREA NISIPULUI?

Să facem o plimbare pe malurile dinspre Riga ale Mării Baltice. Sute de dune din regiunea litoralului au fost năpădite de pini și arbuști (fig. 15). Dunele stau nemișcate, parcă dorm ferecate în armura radiculară a plantelor.

Oamenii de știință socotesc că una din cauzele principale care favorizează deplasările în masă ale nisipurilor în regiunile de litoral este distrugerea vegetației arborescente și a arbuștilor. E destul să tăiem pădurea dintr-un loc oarecare al malului nisipos al mării, că nisipurile „învie“ pe dată.

Marea mobilitate a nisipurilor în deșerturi este într-o bună măsură consecința lipsei de vegetație.

În regiunile de deșert ale Uniunii Sovietice, mai mult de 10% suprafața este acoperită de nisipuri mobile. Valorificarea acestor teritorii impune în primul rînd oprirea sau, după cum se spune, consolidarea nisipurilor.

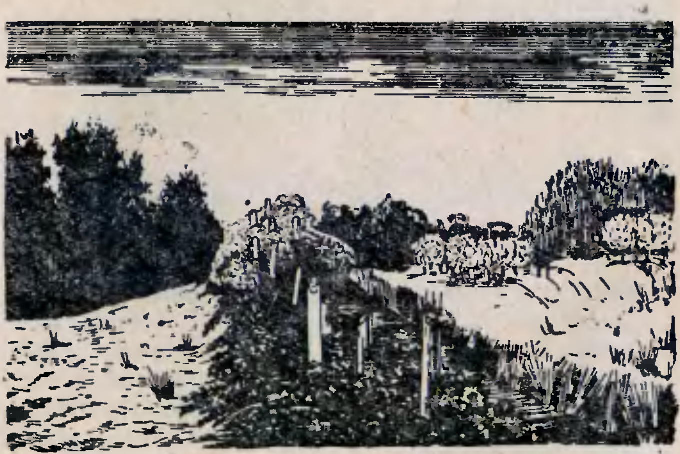


Fig. 15 — Dune consolidate de vegetație.

Guvernul sovietic acordă o mare atenţie rezolvării acestei probleme. În acest scop au fost create institute speciale de cercetări ştiinţifice şi staţiuni experimentale.

Savanţii şi inginerii îşi bat de multă vreme capul cum să oprească nisipurile. Cel mai bun răspuns l-a dat însăşi natura. În zona nisipurilor mobile trebuiesc plantaţi arbori, arbuşti sau ierburi, şi atunci nisipurile se vor fixa.

Oamenii de ştiinţă au căutat cu perseverenţă plante cu un sistem radicular tenace, care pot să trăiască şi să se dezvolte repede în nisipurile aride. Încetul cu încetul au fost descoperite zeci de plante de acest fel. În prezent se folosesc pe scară largă, pentru a fi plantate în nisipuri, graminee — Aristida pennata, păiuş, secară sălbatică, saxaul, grîu. În condiţiile climaterice respective dă rezultate foarte bune plantarea pinilor şi a salcîmilor. Dar consolidarea nisipurilor prin vegetaţie nu are efect întotdeauna: deseori sămînţa plantelor este nimicită de căldura care o usucă, sau de vînt, care o suflă o dată cu nisipul. De aceea se fac investigaţii pentru a găsi şi alte mijloace de stăvilire a mişcării masivelor de nisip.

Uneori pentru a apăra de nisipuri căile ferate şi şoselele, canalele şi centrele populate se foloseşte protecţia mecanică. În calea nisipurilor mobile se aşază panouri speciale, care le stăvilesc. Acest sistem aminteşte de apărarea contra înzăpezirilor, cunoscută cititorilor. Din păcate însă sistemul are numai n efect temporar.

Elementul principal al protecţiei mecanice sînt scuturile (fig. 16). Acestea se fac de diferite înălţimi: de la 10 la 70 centimetri. Materialul din care se construiesc scuturile poate fi variat: lemn, stuf, vreascuri etc.

Vorbind despre folosul adus de protecţia mecanică căilor ferate din Asia Centrală, inginerul V. Paleţki arată că pînă la instalarea mijloacelor de protecţie mecanică trenurile circulau în sectoarele nisipoase numai ziua (este vorba de perioada de dinaintea Marei Revoluţii Socialiste din Octombrie). Cînd bătea vîntul puternic trenurile mergeau încet, deseori se opreau. Fiecare garnitură era însoţită de o echipă de muncitori care curăţa drumul acoperit de nisip dinaintea trenului.

Uneori se putea ajunge la destinaţie mai repede mergînd pe jos decît cu trenul.

Situaţia s-a schimbat radical după fixarea scuturilor şi plantarea vegetaţiei care opresc nisipul. Trenurile au început să circule şi ziua, şi noaptea. N-a mai fost nevoie să se curețe drumul, şi viteza de circulaţie a devenit normală.

După Marea Revoluţie Socialistă din Octombrie, în sectoarele din apropierea căilor ferate din Asia Centrală au fost efectuate lucrări complexe pentru consolidarea nisipurilor mobile. De atunci, practic nu s-au observat aglomerări de nisip care să ducă la întreruperea circulaţiei.

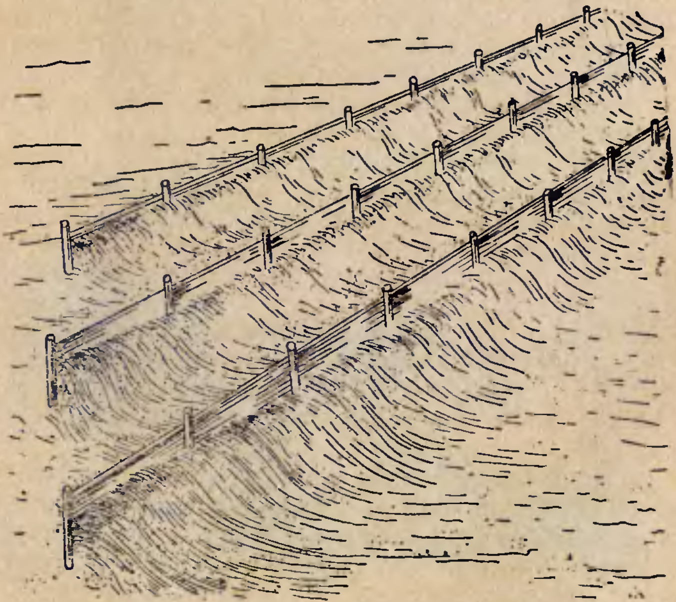


Fig. 16 — Schemă a protecţiei contra îngrămădirii nisipului.

Pentru consolidarea nisipurilor s-au propus și alte procedee de protecție mecanică. Astfel s-au făcut în repetate rînduri încercări pentru a preîntîmpina împrăștierea de către vînt a nisipului, acoperindu-i suprafața cu pietre, vreascuri sau iarbă.

Această metodă fiind însă extrem de dificilă, nu a cunoscut o răspîndire prea mare.

Oamenii de știință și-au pus și următoarea problemă: dacă firele de nisip s-ar putea lega între ele, nisipul s-ar transforma într-o masă cimentată, rezistentă, în așa fel, încît vîntul n-ar mai fi în stare s-o spulbere.

Ideea aceasta s-a dovedit a fi destul de fericită. La Institutul de cercetări științifice de agrofizică au fost folosite în acest scop emulsii de bitume diluate cu apă. Aceste emulsii nu sînt costisitoare, întrucît se prepară din deșeurile provenite din industria petrolului.

Metoda de mai sus se folosește cu succes deosebit laolaltă cu plantarea vegetației. După ce se execută plantarea, suprafața zonelor cu nisip mobil este stropită cu o soluție apoasă de emulsii. Apa se evaporă sau intră în adîncul nisipului. Bitumul însă rămîne la suprafață, legînd firele de nisip între ele. Pojghița care se formează astfel este pe deplin suficientă pentru a împiedica împrăștierea de către vînt a nisipului și a semințelor pînă în momentul cînd se prind și se dezvoltă plantele.

Cantitatea de bitum consumat este relativ mică: o tonă la hectarul de nisipuri mobile.

Să ne oprim asupra unui alt procedeu de cimentare a firelor de nisip. Pe suprafața masivului de nisip se toarnă o soluție sărată concentrată. Apa se evaporă, iar sărurile rămîn și consolidează firele de nisip. E. S. Ostanin a folosit în acest sens chiar apa din Kara-Bogaz-Ghiol, care este o soluție naturală de săruri — o soluție sărată concentrată.

În ultima vreme în ajutorul geologiei tehnice a venit chimia. Oamenii de știință au creat o substanță sintetică nouă, cu adevărat miraculoasă, denumită poliacrilamida. Dacă stropim cu o soluţie apoasă de poliacrilamidă suprafaţa nisipurilor mobile, pe ea se va forma repede o pojghiţă poroasă şi rezistentă. Ea lasă să treacă apa şi aerul, ceea ce permite ca plantele să se dezvolte. Seminţele plantelor răsar bine de sub această pojghiţă, şi ca urmare se formează un covor verde compact, care opreşte nisipurile odată pentru totdeauna. Actualmente producţia de poliacrilamidă a fost organizată într-o serie de uzine din Uniunea Sovietică: în felul acesta ea devine tot mai accesibilă pe scară mare în economia naţională.

IANUS — ZEUL CU DOUĂ FEŢE

„CASA CLĂDITĂ PE NISIP“

Fără îndoială că vă amintiţi de cunoscuta poveste a „omului fără judecată“, care s-a gîndit să-şi clădească o „casă pe nisip“. Drept pedeapsă pentru o asemenea „nesocotinţă“, chiar după cea dintîi ploaie şi cel dintîi vînt, casa s-a năruit. De aici s-a răspîndit în lumea întreagă expresia „clădit pe nisip“. Expresia aceasta proverbială se foloseşte în cazurile cînd vrem să spunem că ceva este şubred şi lipsit de temei.

In ce măsură este exactă această apreciere? Oare construcţia făcută pe nisip este totdeauna primejduită?

Ne vine în minte cunoscuta imagine a plajei. La fiecare pas piciorul se afundă adînc în nisipul uscat. Mişcarea pe suprafaţa aurie friabilă a nisipului necesită eforturi mari.

Amintiţi-vă cît este de anevoioasă călătoria pe drumurile nisipoase afînate. Solul nefiind dur, roţile patinează, cufundîndu-se în nisip şi automobilul se împotmoleşte fără nici o speranţă.

Răsfoind paginile istoriei construcţiilor, putem întîlni numeroase descrieri triste ale prăbuşirii unor edificii, poduri, baraje etc., construite pe nisip.

Dar, să nu ne pripim, constructorii cunosc tot atît de bine că multe mii de case, poduri, construcţii industriale au fost clădite pe nisip şi în Uniunea Sovietică şi în alte ţări (fig. 17). Toate aceste construcţii stau de mulţi ani neclintite. Rezultă că nisipul poate fi o temelie de nădejde şi că povestea amintită l-a ponegrit fără temei. Sîntem puşi în încurcătură. Problema nu este chiar atît de simplă pe cît se părea la început.

Ca şi Ianus, zeul templului la romani, nisipul are două feţe opuse.

Cum se poate explica faptul că aceeaşi rocă nisipoasă se comportă diferit? S-a constatat că motivul principal îl constituie structura nisipurilor, care este determinată de aşezarea boabelor izolate. Luaţi un pahar şi umpleţi-l cu nisip. Dacă veţi ciocăni în fundul paharului şi în pereţii lui, nisipul se va tasa

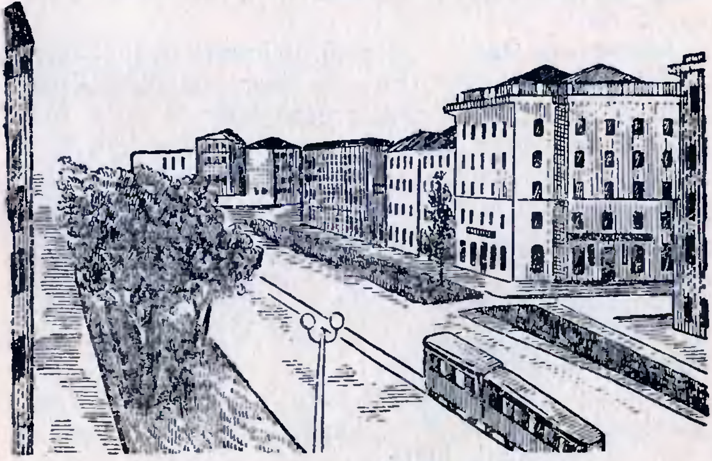


Fig. 17 — Case care stau ferm pe nisip.

și în spațiul gol care s-a format se va putea adăuga o nouă cantitate de nisip. Prin urmare, într-unul și același volum de teren nisipos poate fi cuprinsă o cantitate diferită de granule de aceeași dimensiune. Vom explica acest fenomen printr-un exemplu privind așezarea unor bile de biliard.

Se poate observa destul de lesne că dacă așezăm bilele în mod diferit, spațiul dintre ele se va modifica. Cu acest prilej constatăm că așezarea cea mai densă este aceea cînd în adîncitura dintre două bile se pune o a treia — bila de sus. Oricît am încerca să le așezăm mai dens, nu vom izbuti. „Porozitatea" (volumul spațiului dintre bile împărțit în volumul întregului nostru model) va fi, în cazul unei asemenea așezări a bilelor, cea mai mică, de 25,8%. Și acum, să punem rîndul de sus al bilelor peste cel de jos, în așa fel încît ele să aibă drept sprijin nu adînciturile, ci proeminențele rîndului de jos. Ne vom convinge ușor că în cazul unei asemenea așezări „porozitatea" va fi maximă. Indiferent de dimensiunea bilelor, ea va fi de 47,6%.

Sînt posibile și alte procedee de așezare a bilelor, dar „porozitatea" obținută va avea întotdeauna valori intermediare: mai mici de 47,6% și mai mari de 25,8%.

Așezarea granulelor în rocă amintește în linii mari de dispunerea bilelor. Ea este doar mai complicată, datorită diversității formelor granulelor de nisip. Aici variază întrucîtva mărimile porozității maxime și a celei minime, precum și numărul de combinații intermediare. Cu toate aceste condiții, însă, în nisipuri se deosebesc două cazuri extreme: de așezare densă maximă (porozitatea 25—28%) și de așezare afînată maximă (porozitatea 47,50%). Dimensiunea, forma granulelor și felul cum se îmbină ele exercită influență asupra mărimii porilor.

În cazul așezării friabile porozitatea nisipurilor cu granulație mică va fi întotdeauna mai mare decît a celor cu granulație mare.

Cînd un om merge pe un nisip dens, piciorul lui aproape că nu se afundă în teren, în schimb într-un nisip friabil intră la fiecare pas pînă la gleznă, fapt care se petrece nu atît datorită tasării, cît datorită împingerii granulelor de nisip care ies de sub talpă în părţi.

Să punem pe suprafaţa nisipului o încărcătură oarecare. Sub greutatea ei terenul nisipos se tasează repede.

Procesul acesta privit mai îndeaproape reprezinta o reducere a porozităţii. Este limpede că nisipurile cu aşezarea afînată vor da o tasare mai mare, iar cele dense — o tasare mai mică. Cînd se construieşte o clădire, tasarea temeliei se produce pe măsură ce se ridică construcţia. Pe măsura tasării, suprafaţa de contact a granulelor de nisip creşte, iar forţa de frecare între ele se măreşte.

În cazul unor presiuni excesiv de mari asupra nisipului, care depăşesc frecarea, în anumite condiţii este posibilă împingerea nisipului de sub talpa clădirii. Iau naştere tasări mari. Dacă mărimea lor este diferită sub diferite părţi ale unei case, în mod inevitabil se produc fisuri şi devine posibilă chiar dărîmarea.

Savantul I. V. Iaropolski a descoperit că dacă o parte dintr-un masiv nisipos se deplasează faţă de o altă parte, în nisipurile friabile acest proces duce la micşorarea porozităţii, iar în cele dense la mărirea ei. Dacă în procesul de deplasare porozitatea nisipului nu se schimbă, atunci se spune că el are o „porozitate critică". S-a constatat că nisipul saturat de apă, cu o porozitate care depăşeşte pe cea critică, în cazul unei deplasări, sub presiunea apei care este stoarsă din porii lui, este gata să se transforme pe neaşteptate într-o stare lichefiată. Clădirile construite pe un teren de acest fel pot să sufere deteriorări neaşteptate.

Din cele expuse reiese limpede că pe nisipurile dense putem construi cu tot curajul. Aceste nisipuri

Duduleanu Sorin

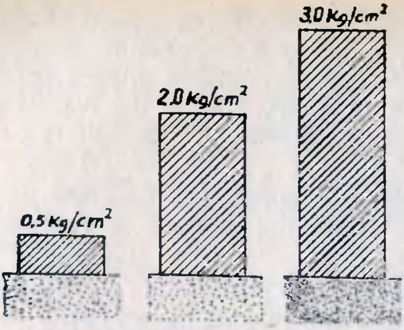


Fig. 18 — Presiunea pe care o suportă nisipul cu granulație mică de densitate diferită: I — *friabil,* II — *de densitate medie,* III — *dens.*

suportă pe un metru pătrat de suprafață o sarcină de 20—50 de mii de kilograme (fig. 18). Dacă însă dorim să construim o casă pe nisipuri friabile, trebuie să ne gîndim bine înainte de a începe. Este deosebit de periculos a construi pe nisipuri friabile saturate cu apă, a căror porozitate o depășește pe cea critică. Cu toate acestea, știința și tehnica modernă permit să se construiască edificii chiar și pe nisipuri friabile și lichefiate.

O EXPERIENȚĂ SURPRINZĂTOARE

Într-o ladă s-a turnat nisip. Pe suprafața nisipului se pune o cheie pentru piulițe și o bară metalică. Sub acțiunea unui mecanism așezat dedesubt, lada este pusă să vibreze. Apar fenomene stranii: obiectele metalice de la suprafață „se îneacă" repede în nisip. În locul lor, din nisip sar ca niște dopuri obiecte ușoare: figuri de șah și o lingură de lemn. Ce minune mai e și asta! Nisipul se comportă ca și apa: obiectele grele se scufundă în apă, cele ușoare se ridică la suprafața ei.

Care să fie cauza? Fenomenul acesta se explică simplu. În timpul vibrației forța de frecare dintre particulele de nisip friabil se micșorează mult. La o anumită vibrație, mărimea frecării interne devine atît de mică, încît terenul începe să se comporte ca un lichid. Obiectele mai grele decît greutatea volumului de nisip, în cazul porozității date, „se scufundă", iar cele ușoare „ies la suprafață".

Acest fenomen de „fluidificare" a nisipurilor provocat de vibrație a dus nu o dată la avarii și distrugeri nu numai ale instalațiilor care au determinat oscilațiile terenului, dar și ale pereților aflați în apropiere, stîlpilor portanți și ale altor construcții.

Studierea acestui proces a arătat că nu toate oscilațiile provoacă o asemenea fluidificare. S-a stabilit prin observații că există un „interval periculos" al frecvențelor (în limitele de 500—2 500 de oscilații pe minut), în care se manifestă fenomenele descrise.

La una din centralele electrice zidită pe un nisip dens, fundamentul turbogeneratorului care se rotea cu o viteză de 1 500 de ture pe minut s-a tasat în decursul timpului cu 30 de centimetri. Inginerii care făcuseră calculul nu au luat în considerație influența vibrației și au dat o mărime greșită tasării presupuse (de numai 2 centimetri: deci, de 15 ori mai mică decît cea reală).

S-a observat că vibrația tasează repede nisipurile friabile, și le transformă în nisipuri dense. Această fericită descoperire a dus la crearea unui întreg arsenal de metode pentru tasarea prin vibrare a terenurilor nisipoase. Cercetările efectuate au arătat că vibrația are cel mai mare efect asupra nisipurilor umectate. Din acest motiv, înainte de a se trece la tasare nisipul este umectat cu apă.

Unindu-și eforturile, savanții și inginerii au creat două tipuri principale de vibratoare, care produc tasarea rocilor: vibratoare de suprafață și vibratoare de adîncime; primele se instalează direct pe suprafața nisipului, în timp ce următoarele se cufundă în profunzimea masivului nisipos.

Vibratoarele de suprafață sînt niște panouri, pe care sînt instalate mecanisme ce produc vibrația. Vibratoarele grele de suprafață se montează pe șenile, ca și tractoarele. Cu ajutorul acestor vibratoare se realizează tasarea nisipului pînă la o adîncime de 1—3 metri.

Vibratoarele de adincime sînt nişte ţevi în interiorul cărora se află un mecanism ce produce vibraţia. Cu ajutorul lor se pot tasa nisipuri friabile pînă la o adîncime de 6—7 metri. La fiecare cufundare a vibratorului de adîncime terenul se tasează pe un diametru de 2—3 metri (fig. 19).

Aplicarea vibraţiei permite o micşorare a porozităţii nisipului cu 9—12%, adică nisipul friabil se transformă în nisip dens.

Este posibil oare ca nisipul friabil să se transforme în rocă masivă?

În basmele vechi, la o mişcare a baghetei magice, vrăjitorul cel rău transforma pîinea în piatră. Minunile acestea n-ar mai uimi pe nimeni astăzi. Realitatea a depăşit cele mai extraordinare basme.

În prima etapă a construcţiei metroului de la Moscova a apărut necesitatea de a se lupta cu nisipurile friabile saturate cu apă. Cercetări perseverente l-au condus pe B. A. Rjaniţîn la descoperirea metodei de pietrificare artificială a nisipului. Această metoda a fost folosită cu succes nu numai la construcţia metroului din Moscova, ci şi la canalul „Moscova", la şantierele multor uzine, centrale electrice şi poduri.

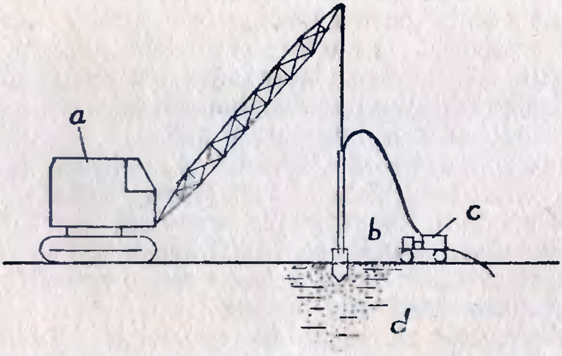


Fig. 19 — Hidrovibrator de adincime în lucru: a — *macara*, b — *hidrovibrator*, c — *dispozitive de pompare*, d — *stratul de nisip tasat*.

Care este secretul acestei metode? Se ştie că dintre toate sărurile acizilor silicici, numai una — silicatul de sodiu — se dizolvă bine în apă. De aici îi vine şi numele său foarte original de „sticlă solubilă". Să adăugăm la soluţia apoasă de silicat de sodiu o soluţie de clorură de calciu. Aproape sub ochii noştri „sticla solubilă" încetează de a mai fi un lichid şi se transformă într-o piatră. Această transformare se produce ca rezultat al unei reacţii complexe în timpul căreia se formează acidul silicic, care cimentează nisipul.

Să ne închipuim că acum ne aflăm pe un şantier unde se realizează silicatizarea. Vom vedea cum în teren se introduce o ţeavă — injectorul. După fiecare etapă de cufundare a injectorului se face pomparea soluţiei de „sticlă solubilă". Cînd ţeava a ajuns la adîncimea dată, injectarea silicatului de sodiu se întrerupe. Scoţînd ţeava la aceleaşi intervale la care a fost cufundată, în nisipul saturat cu sticlă solubilă se introduce clorură de calciu. După cîteva ore nisipul se întăreşte.

Creşterea durabilităţii pietrei obţinute se produce în decurs de o lună. La sfîrşitul acestui termen, piatra suportă o presiune de 400 000—600 000 de kilograme pe metru pătrat.

Durabilitatea nisipului silicatizat nu este inferioară unor tipuri de calcare (fig. 20). De pildă, calcarul care se extrage din renumitele cariere de la Odesa suportă în stare uscată o presiune de numai 250 000—300 000 de kilograme pe metru pătrat. În cazul cînd acest calcar este umectat, rezistenţa lui este şi mai mică (ajunge pînă la 140 000 de kilograme pe metru pătrat) în comparaţie cu rezistenţa nisipului silicatizat. Pe de altă parte, însă, durabilitatea nisipului silicatizat este cu mult inferioară durabilităţii gresiei silicioase naturale.

Drept rezultat al silicatizării, în jurul unei sonde se formează o coloană de nisip pietrificat cu un diametru de la 1 la 4 metri.

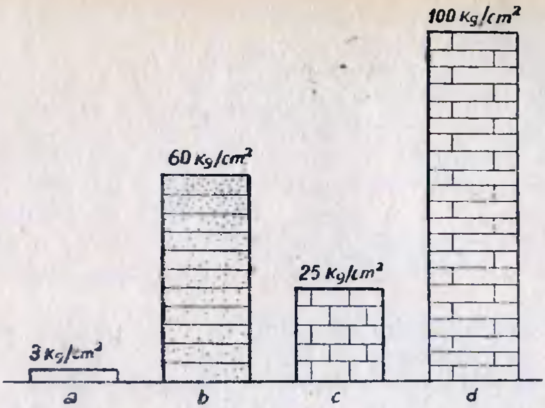


Fig. 20 — Durabilitatea comparativă a nisipului silicatizat și a unor materiale de construcție: a — *nisip nesilicatizat;* b — *nisip silicatizat;* c — *calcar cochilifer;* d — *cărămidă roșie.*

Atunci, pentru ca să transformăm nisipul friabil în piatră pe amplasamentul unei case de locuit, care are o lungime de 40 de metri și lățimea de 20 de metri, trebuie să fie creată o rețea de 130—140 de coloane de silicat.

NISIPURI ENIGMATICE

Oamenii de știință depun o muncă perseverentă și, încetul cu încetul, ajung să înțeleagă secretele naturii. Tot ceea ce ieri părea inexplicabil și enigmatic, astăzi devine clar și ușor de înțeles.

Pentru oamenii din evul mediu multe procese și fenomene care se petrec în deșerturi păreau pline de mister. Furtunile de nisip răbufnind pe neașteptate, simunul, nisipurile mobile, neînfrînate în înaintarea lor, dădeau naștere multor superstiții. Arșița care usca totul, lipsa apei, barcanele nesfîrșite ale deșertului generau în om frica. Studiind nisipurile, geologii au izbutit nu numai să explice mișcarea nisipurilor și să descopere legile ei, ci au învățat să le oprească și să le fixeze.

Încă din antichitate omul și-a pus întrebarea: de unde au apărut mările de nisip? Cel mai mare deșert nisipos din U.R.S.S., Karakum (nisipurile negre), denumit așa de turcmeni din cauza aridității lui, a caracterului său torid, a furtunilor de nisip care îl pîndesc pe călător la tot pasul, a fost multă vreme o enigmă. Dar geologii au găsit răspunsul și la această întrebare.

Munca plină de abnegație a cercetătorilor a permis să se constate că în locul acestui deșert acum un milion de ani și mai bine se afla o mare. După dispariția ei, în șesul care s-a format au început să curgă rîurile Amu-Daria, Tedjen, Murgab și altele. Aceste rîuri au adus cu apele lor nisipurile care acoperă Karakumul.

Omul a supus nisipurile. Numai cîteva fenomene care se petrec în nisipuri au rămas încă nedezlegate pînă la capăt, dar a sosit și rîndul lor.

NISIPURI CÎNTĂTOARE, LĂTRĂTOARE, PLÎNGĂTOARE

Călătorind pe malul Terski[1] de pe peninsula Kola, D. K. Makarevski a întîlnit nisipuri sonore. Înaintînd pe plaja nisipoasă, el a observat că la fiecare pas al său nisipul răspunde cu un zgomot asemănător cu mîrîitul surd al unui cîine. Pe măsură ce mergea mai departe zgomotul creștea în tonalitate. La acest zgomot se adăugau anumite sunete semănînd a plîns cu sughiţuri, care apăreau cînd ridica piciorul din nisip. Makarevski istoriseşte: „O rafală de vînt a stîrnit nisipul, şi în jurul meu totul a prins să cînte, să răsune. Era uluitoare cu acest prilej puritatea sunetului, care amintea foarte mult de modulaţiile unui flaut sau de nuanţa „piano" a notelor acute ale unei orgi.

---

[1] *Malul Terski* este în peninsula Kola, pe malul Mării Albe (n.t.)

Cînd treceam cu palma pe suprafaţa nisipului, se producea un zgomot care amintea de vuietul unei mici sirene... Săculeţul în care luasem o probă de nisip parcă lătra cînd îl agitam. Dacă încercam să frămînt săculeţul acesta, el începea să grohăie şi să guiţe ca un purcel. La o lovitură dată cu pumnul sau cu palma, nisipul răspundea printr-un zgomot puternic. Trăgînd pe nisip o linie cu un creion, cu un băţ sau cu un cuţit, auzeam un şuierat".

Calitatea extraordinară a nisipului de a scoate tot felul de sunete era cunoscută din antichitate. Manuscrise străvechi din China au păstrat una din primele mărturii scrise ale acestui fenomen. În paginile lor îngălbenite de timp se vorbeşte despre un „deal al nisipurilor cîntătoare" în una din provinciile Chinei. Nisipurile de pe versanţii lui emiteau sunete neobişnuite. Cînd oamenii treceau prin aceste locuri, sunetele care se produceau cu acest prilej căpătau o tărie asemănătoare cu cea a tunetelor.

Acest fenomen surprinzător a fost de mult cunoscut şi de către arabii care populează deşerturile din sud-estul Egiptului.

Iată cum este el descris de martori oculari: „Era seară. Caravana se oprise în mijlocul unor nesfîrşite barcane, şiruri şi valuri de nisip, care se îngrămădeau din toate părţile pînă în zare. Soarele apusese, şi peste pustiu s-a lăsat vălul negru al nopţii. Stelele fără de număr, care licăreau domol, aproape că nu răspîndeau lumină. Era o linişte desăvîrşită, care numai rareori era tulburată de zăngănitul veselei, de fornăitul animalelor şi de vorbele înăbuşite ale oamenilor.

Pe neaşteptate, din pustiu răbufni un vuiet care creştea cu repeziciune. Forţa lui era atît de mare, încît oamenii speriați de zgomot au fost nevoiți să se aplece unul spre altul și să-și strige la ureche, pentru că altfel vorbele se pierdeau în aer.

Curînd la vuietul acesta se adăugă o muzică provenită din alte surse, puse în acțiune de cel ce tulburase inițial liniștea. Printre zgomotele care veneau din pustiu se puteau uneori distinge sunete de violoncel, de contrabas sau de fagot. Acest cor supranatural a răsunat neîntrerupt timp de cinci minute, după care s-a așternut din nou o liniște desăvîrșită".

Populația băștinașă credea că aceste sunete sînt produse de spiritele deșertului. Și pe seama lor arabii pot să istorisească o mulțime de povestiri fantastice.

Nisipurile sonore sînt cunoscute aproape în toate părțile lumii. Nu sînt cunoscute doar în Australia și, firește, ele nu există în Antarctida îmbrăcată într-o cuirasă de gheață.

În Uniunea Sovietică nisipurile cîntătoare se întîlnesc în multe locuri. S. V. Obrucev prezintă date interesante despre nisipurile sonore din regiunea Pribaikalie, de pe litoralul de lîngă Riga, din Semirecie. Astfel de nisipuri au fost descoperite și pe malurile Niprului.

Autorul a avut prilejul în anul 1949 să întîlnească nisipuri „cîntătoare" în regiunea Rostov lîngă stanița Țimleanskaia. Aici, pe malul stîng al rîului Țimla, la confluența cu Donul, se întinde o mare cîmpie de nisip, acoperită de kuciuguri — mici aglomerări de nisip friabil în formă de movilițe. Într-o zi arzătoare de iulie, trecînd la o distanță de 5—6 metri de malul rîului Țimla, a observat că la fiecare pas nisipul răspunde cu un sunet destul de înalt, amintind țipete.

Este interesant de semnalat că nisipurile din deșerturi și cele de pe litoral răsună fiecare în felul lor. Dacă cele dintîi se caracterizează prin tonuri mai joase, aflate în limitele octavei mici, ultimele au ca specific sunetele înalte, în limitele octavei a doua, și chiar a treia (fig. 21).

Cauzele care provoacă aceste sunete ciudate ale nisipului sînt deocamdată clarificate insuficient. Unii oameni de știință presupun că sunetele sînt generate

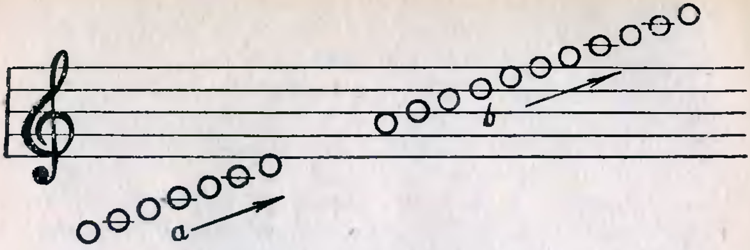


Fig. 21 — Sunetele emise de nisipurile de deșert (a) și de litoral (b).

de frecarea reciprocă a milioane de granule pure de cuarț în timpul mișcării. Alții afirmă că aceste sunete se explică prin dilatarea și comprimarea granulelor, provocate de mișcarea lor. Aceste oscilații sînt transmise aerului cuprins între granule. Noi le percepem sub formă de sunete.

Presiune
Presiune

Fig. 22 — Apariția sarcinii pe suprafața cuarțului prin comprimare (efectul piezoelectric).

Cu totul deosebită este explicația emisă de omul de știință englez R. Begnold. El consideră că nisipurile cîntă datorită faptului că în timpul mișcării, pe suprafața granulelor de cuarț apar sarcini electrice. R. Begnold a presupus că apariția sarcinilor electrice este legată de proprietățile piezoelectrice ale acestui mineral. După cum se știe, cristalele de cuarț formează prin presiune, la suprafață, o sarcină electrică (fig. 22), care nu este altceva decît o manifestare a piezoelectricității.

O experiență interesantă a fost făcută de I. V. Rojko. El a luat nisip obișnuit de rîu, l-a uscat, l-a curățat de corpuri străine și l-a pus între două plăci ale unui condensator. Folosind o mașină electrostatică de tip școlar, el a electrizat nisipul. Vărsînd apoi nisipul într-o batistă de mătase, Rojko a observat că prin comprimarea lui în mînă nisipul emite sunete.

Această experiență confirmă rolul incontestabil al sarcinilor de la suprafața granulelor de cuarț în explicarea sunetelor emise de nisipuri.

Studierea profundă în viitor a acestui interesant fenomen va permite să se ajungă la o explicație mai fundamentată a cauzelor care provoacă sunetele nisipurilor. După cum se vede, ultimul cuvînt rămîne fizicienilor.

Este de remarcat că numai nisipurile friabile au calitatea de a emite sunete. Se poate presupune că sarcinile electrice de la suprafață condiționează nu numai „cîntatul“ nisipurilor, dar și mobilitatea și caracterul lor friabil. Din acest punct de vedere sunetele emise de nisip nu pot să nu intereseze pe cercetătorii de terenuri și pe inginerii-geologi.

NISIPURI ÎNSPĂIMÎNTĂTOARE

Printre numeroasele tipuri de nisipuri se întîlnesc unele care provoacă groază. Se numesc nisipuri mobile. Varietatea aceasta de terenuri nisipoase saturate cu apă se întîlnește foarte rar. În locurile unde se găsesc, nu se poate construi fără a executa în prealabil lucrări speciale extrem de costisitoare.

Romancierul englez W. Collins a făcut o scurtă descriere literară a nisipurilor mobile din Yorkshire (Marea Britanie). Iată cîteva extrase dintr-o povestire a lui :

„...Aici dunele de nisip coboară spre mare și se sfîrșesc cu două stînci ascuțite la vîrf, ieșind din apă una în fața alteia. Una se numește Stînca de Nord, iar cealaltă — Stînca de Sud. Între aceste două stînci se află nisipurile mobile cele mai îngrozitoare de pe litoralul Yorkshire. În timpul refluxului, în adîncul lor se petrece ceva, care face ca întreaga suprafață a lor să se legene în modul cel mai neobișnuit... Un loc retras și înspăimîntător... Mi se pare că pînă și păsările zboară cît mai departe de nisipurile mișcătoare.“

Mișcarea suprafeței nisipurilor este legată de afluența și scurgerea regulată din ele a apei oceanului. Collins descrie acest proces astfel: „A început fluxul, și nisipul înspăimîntător a prins să freamăte. Masa de nisip cafeniu se ridică încet, apoi începu să vibreze toată... Aveai impresia că sute de oameni se sufocă sub acest nisip — oamenii se străduiesc să iasă la suprafață și se scufundă tot mai adînc în abisul îngrozitor. Arunci o piatră, și vezi cum nisipul o absoarbe.“

Nisipurile mobile sînt în stare să tragă la fund nu numai obiectele mici, ci și animalele care se nimeresc pe acolo. Uneori devin victimele lor chiar și călătorii imprudenți (fig. 23).

Un alt romancier englez, R. L. Stevenson, descrie aceste nisipuri teribile astfel: „...După reflux se descopereau întinderi largi de nisipuri mișcătoare —

Fig. 23 — Nisipuri mobile

groaza întregii regiuni. Se spunea că pe mal chiar, între promontoriu și insulă, aceste nisipuri înghit un om în patru minute și jumătate..."

Cunoscutul geograf francez E. Reclus scria că în deșerturile din India, în regiunea Hadramaut, se întîlnesc locuri acoperite cu nisip mișcător, absorbant, cu granulație fină. O rangă grea aruncată în acest nisip se scufundă ca în apă, ajungînd pînă la o adîncime de peste 100 metri.

CUM SE FORMEAZĂ NISIPURILE MOBILE?

Pentru apariția nisipurilor mobile sînt necesare anumite condiții. Dar, pentru formarea lor, nu este de loc suficientă, de pildă, aglomerarea nisipurilor cu granulație fină, saturate cu apă. Nisipuri de acest fel se întîlnesc foarte des, dar ele fie că nu sînt de loc mobile, fie că această calitate a lor se manifestă într-o măsură extrem de neînsemnată.

Este neîndoielnic că trebuie să existe anumite cauze speciale care provoacă starea instabilă specifică acestor nisipuri.

Un astfel de factor poate fi, pe litoralul mărilor și oceanelor, creșterea regulată a nivelului apei în nisipuri, care tulbură prin agitare granulele de nisip. Rolul acesta îl au valurile de flux.

Este știut că în oceane și mări, care au legătură directă cu nisipurile, sub acțiunea forțelor de atracție ale Soarelui și Lunii se produc de două ori pe zi fluxuri și refluxuri de apă. Nivelul mării variază cu acest prilej de la zecimi de metru la 21 de metri. Așadar, valurile fluxului sînt un prim factor activ. Totuși, valurile mareelor nu pot da naștere nisipurilor mobile. Pentru aceasta este necesar ca nisipurile cu granulație mică să fie apărate de revărsarea directă a valurilor fluxului prin ieşinduri de roci tari sau prin limbi de nisip.

Apa care intră în timpul fluxului într-un asemenea masiv din subsolul nisipului îl ridică parcă cu presiunea ei şi îl cîntăreşte. Afluxul acesta de apă care pătrunde de jos în sus provoacă fenomene „stranii" pe suprafaţa acestor nisipuri: „...întinderea de nisipuri mobile se crispează şi tremură..."

Pe lîngă granule de nisip, nisipurile mobile mai conţin particule mai fine, mîloase şi argiloase. Aceasta face ca ele să aibă o coloratură brun-cenuşie. Prezenţa particulelor mici constituie un alt factor activ. Particulele fine reduc permeabilitatea nisipurilor. Aşa se explică faptul că în timpul refluxului, cînd nivelul apei în mare devine mult mai scăzut decît în nisipurile mobile, apa se păstrează în aceste nisipuri într-o măsură apreciabilă.

Creşterea regulată a apei din adîncul nisipurilor mobile tulbură prin agitare granulele şi creează o aşezare originală a acestora.

Am văzut mai sus cum sînt dispuse boabele de nisip în nisipurile friabile. În nisipurile mobile datorită unor condiţii speciale, aşezarea lor poate fi şi mai afînată. Granulele de nisip se amplasează sub forma unor aglomerări pe care le-am reprezentat schematic în figura 24.

O atare dispunere a granulelor de nisip este extrem de instabilă şi de aceea ele caută să revină la formele obişnuite de aşezare, mai stabile.

La această tendinţă se opun: apa, care se află în pori, şi acţiunea presiunilor exercitate regulat din partea valurilor de flux. Un anumit rol revine şi particulelor fine prăfoase-argiloase, care parcă lipesc granulele de nisip mai mari.

Dacă pe suprafaţa nisipului mobil nimereşte un obiect greu oarecare, greutatea lui va provoca o dislocare a aglomerărilor structurale friabile ale granulelor de nisip. Cu acest prilej granulele desprinse se deplasează, sub acţiunea greutăţii, în adîncimea masivului.

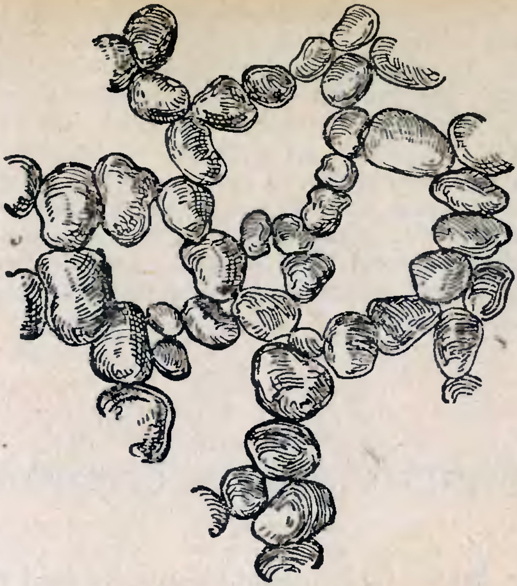


Fig. 24 — Dispunerea granulelor în nisipurile mobile.

Zecile, sutele de mii de granule de nisip, care se deplasează concomitent în adîncul masivului, antrenează și obiectul greu. De fapt, în cazul de față acționează două forțe: greutatea proprie a obiectului și greutatea numeroaselor granule de nisip, care se deplasează în profunzimea nisipurilor mobile.

Obiectul absorbit în adîncime se scoate foarte greu din prinsoarea nisipului mobil. Pentru aceasta este necesară aplicarea unei forțe mai mari, care depășește de multe ori greutatea obiectului.

Cauzele apariției nisipurilor mobile în deșerturi nu sînt deocamdată stabilite. Se poate însă presupune că și aici avem de-a face cu nisipuri de o granulație fină saturate cu apă și cu o așezare superfriabilă a granulelor.

Mobilitatea nisipurilor poate fi uneori provocată în mod artificial. De pildă, cînd în timpul construcției unui mare edificiu s-a procedat la pomparea apei din groapa de fundaţie săpată într-un nisip cu granulaţie fină. Ridicarea apei din subsolul masivului la suprafaţa fundului gropii de fundaţie a dus la dezorganizarea structurii nisipului şi la creşterea instabilităţii lui. Staţiile de pompare aflate aici s-au afundat, sub acţiunea propriei lor greutăţi, cu peste 6 metri.

Trebuie să semnalăm că procesul invers — coborîrea nivelului apei, în timpul căreia mişcarea curentului de apă este îndreptată de sus în jos — duce la compactizarea masivelor de nisip. Lucrul acesta se foloseşte uneori pentru sporirea densităţii nisipurilor mobile.

NISIPURI PLUTITOARE ŞI CURGATOARE

Chiar din vremuri îndepărtate constructorii au dat de nisipuri scufundate saturate cu apă. Aceste nisipuri au căpătat denumirea de chişai. Constructorii au multe neplăceri din cauza acestor terenuri nesigure. Cînd nu te atingi de ele, nisipurile acestea stau pe deplin liniştite în pămînt. De îndată însă ce o tranşee sau o groapă de fundaţie le-a scos la iveală, somnul lor ia sfîrşit, chişaiul începe să curgă nebuneşte, umplînd toate adîncurile şi distrugînd munca omului.

FAINA DE SECARĂ SALVATOARE

Iată un caz interesant din practica bogată a profesorului Evdokimov-Rokotovski. Se ştie că în timpul construcţiei căii ferate siberiene care străbate întinderile neţărmurite ale Ţării Sovietelor de la Celeabinsk pînă la Vladivostok, constructorii au fost nevoiţi să facă faţă celor mai diferite fenomene şi procese apărute în terenuri. Astfel, în timp ce se construia un pod peste unul din rîurile puţin adînci dintr-o regiune muntoasă, groapa de fundaţie a trebuit să fie săpată într-un nisip cu granulaţie fină. Spre surprinderea constructorilor, pereţii săpăturii de fundaţie nu vroiau nicicum să stea în poziţie verticală. Cu eforturi mari, muncitorii reuşeau în timpul zilei să sape şi să scoată nisipul de la o adîncime mică. Dimineaţa, cînd veneau din nou la lucru, toată truda lor se dovedea a fi zadarnică. Constructorii au hotărît atunci să împrejmuiască cu scînduri pereţii gropii de fundaţie, dar nici măsura aceasta nu le-a fost de ajutor. Nisipul dăunător reuşea să se infiltreze prin fundul gropii. Suprafaţa pămîntului din jurul săpăturii de fundaţie a început să se lase în jos. Era însă ciudat că pe suprafaţa nisipului lichid, care inunda groapa de fundaţie, se putea merge ca pe asfalt. Ba chiar se putea sări, şi atunci întreaga masă de teren nisipos se legăna elastic. Dar, de îndată ce omul se oprea şi stătea locului, în cîteva minute, picioarele lui începeau să se cufunde în nisip.

Constructorii şi-au bătut mult capul, întrebîndu-se ce e de făcut, cum să ajungă la adîncimea necesară a gropii de fundaţie ? Un săpător cu experienţă a propus să se toarne în groapa de fundaţie bălegar şi făină de secară, care trebuiau să fie apoi amestecate cu nisipul lichid. La început sfatul acesta nu a fost luat în seamă, dar mai tîrziu constructorii s-au hotărît să-l urmeze.

Au fost aduse 5 căruţe de bălegar şi un sac de făină de secară. Bălegarul şi făina au fost turnate în groapă şi amestecate cu nisipul. După cîteva ore, cînd au încercat să sape, spre surprinderea tuturor, pereţii ei nu se mai surpau, iar terenul, transformat într-o masă vîscoasă densă, nu se scurgea. Aşa au rezolvat această problemă nişte simpli meşteri ruşi.

Experienţa a arătat că după un timp oarecare (10—20 de zile) nisipul s-a diluat din nou; dar perioada aceasta a fost pe deplin suficientă pentru a da posibilitate constructorilor să sape groapa și să așeze partea inferioară a fundației. Acest mijloc de luptă împotriva sufoziunii nisipului saturat cu apă este folosit și astăzi la săparea unor mici șanțuri și gropi de fundație. În afară de făină se întrebuințează bălegar, cărbune de lemn, fîn, paie și alte cîteva materiale. Acțiunea lor este întrucîtva mai slabă decît a făinii de secară, în schimb costul este de cîteva ori mai redus.

TERENUL CURGE

Pe malul unui rîu urma să se construiască o hală de construcții navale. Într-o zi au început lucrările de săpare la groapa de fundație și, pe neașteptate, săpătorii au dat de chișai. O masă nisipoasă-mîloasă diluată a reușit să se infiltreze în groapa de fundație într-o curgere continuă. Inițial această masă se prezenta în șuvițe subțiri. Dar cu cît se adîncea groapa de fundație, cu atît scurgerea de teren devenea mai puternică. Din pereți au prins să se prăbușească blocuri întregi de teren. În locul lor se formau adîncituri cavernoase.

Ce era de făcut? Constructorii au hotărît să apere pereții de terenul curgător și pentru aceasta au bătut pe perimetrul gropii de fundație pereți din scînduri, sau, cum le spun ei, „îngrădiri cu palplanșe". Însă măsura s-a arătat nefolositoare. Terenul plutitor curgea cu presiune nu numai din pereți, ci și dinspre fund...

Au încercat atunci să pompeze apa din groapa de fundație, dar o dată cu apa a început să iasă și nisipul. Cu acest prilej s-a văzut că pompa nu scoate atîta apă, cît un lichid ciudat, semănînd la culoare cu laptele de ciment. În cele din urmă a trebuit să se renunțe la săparea gropii de fundație, construind clădirea cu o fundație pe piloți.

Trebuie spus că s-a întrerupt la timp pomparea apei cu nisip din groapa de fundație. Și aceasta este foarte important, deoarece pe măsură ce se pompează apa, din pereți și de pe fundul gropii se evacuează și nisipul. Aceasta provoacă fenomenul care poartă denumirea de *sufoziune mecanică*. Fenomenul de sufoziune a fost descris pentru prima oară de savantul rus A. P. Pavlov, care a observat că apele subterane pot să dizolve și să evacueze rocile, ceea ce determină afundarea suprafeței pămîntului de deasupra lor.

Ulterior s-a descoperit că sub presiunea mecanică a curenților de apă subterană, particulele de nisip pot să fie aduse în suspensie și deplasate. Prin pomparea apei din groapa de fundație ia naștere un curent de apă orientat dinspre masiv spre groapa de fundație. El este cel care provoacă deplasarea granulelor de nisip, adică sufoziunea mecanică, care poate să ducă la afundarea suprafeței pămîntului și periclitarea clădirilor construite în vecinătate, așa cum reiese din figura 25.

Savantul american C. Terzaghi descrie un caz din statul Connecticut (S.U.A.), cînd un grup de constructori și-au propus să sece un teren cu nisip cu granulație fină, folosind o pompă pentru evacuarea apei din groapa de fundație. Uitînd de marea mobilitate a acestor nisipuri, constructorii s-au apucat energic de lucru. Întrucît nu au ținut seama de evacuarea masivă a nisipului, s-a produs o catastrofă inevitabilă datorită nesocotirii sufoziunii : la început

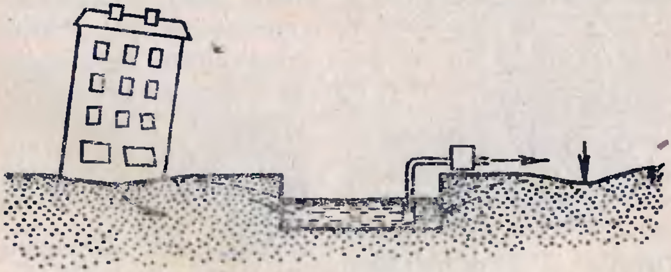


Fig. 25 — Pomparea apei cu nisip din pereții gropii de fundație provoacă coborîrea unor sectoare învecinate ale suprafeței.

s-a prăbușit o clădire situată în apropierea locului; după cîtva timp, la o distanță de 100 de metri de locul cu pricina s-a produs pe neașteptate o scufundare de teren, în formă de pîlnie, cu o adîncime de aproape un metru. Superficialitatea i-a costat mult.

În istoria construcțiilor din Uniunea Sovietică se cunoaște un caz petrecut în prima etapă a construcției metroului din Moscova, cînd într-unul din sectoare prin pomparea apei s-a ajuns la evacuarea nisipului. Acest lucru a determinat la rîndul său o tasare neregulată a suprafeței pămîntului, ceea ce putea să ducă la deteriorarea clădirilor amplasate în sectorul tasat.

Pomparea apei a fost oprită imediat, iar clădirile au fost întărite. Sistarea la timp a lucrărilor, care au provocat sufoziunea mecanică, și luarea măsurilor corespunzătoare au preîntîmpinat posibilitatea prăbușirii clădirilor.

În timpul săpării sondelor în nisipuri curgătoare apar uneori „dopuri de nisip" (sectoare din sondă umplute cu nisip ridicat de presiune) (fig. 26). Dopurile acestea pot să atingă cîțiva metri. Există părerea eronată că „dopurile" se pot ivi numai în terenurile curgătoare. Nu este întru totul exact. Ele apar uneori și în nisipurile saturate cu apă obișnuită, necurgătoare. În acest caz formarea „dopului" este condiționată de diferența dintre presiunea hidrostatică a apei din sondă și cea a apei din masivul de teren înconjurător.

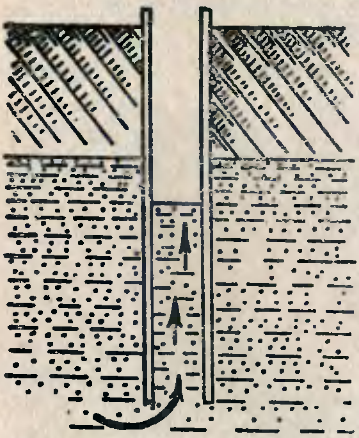


Fig. 26 — „Dop" de nisip într-o sondă, dintr-un nisip fin saturat cu apă.

Nisipurile curgătoare sînt larg răspîndite pe suprafața pămîntului.

De cele mai multe ori ele pot fi întîlnite în văile rîurilor sau pe litoralul mărilor și pe malurile lacurilor. Deseori li se dau denumiri locale. De pildă, în Uralul de nord nisipurile curgătoare se numesc „buzga“, în Siberia — „measicea“, „neata“ etc.

Multe neajunsuri au provocat nisipurile curgătoare constructorilor canalului Marea Albă-Marea Baltică, ai canalului Volga-Don denumit „V. I. Lenin“ și în multe alte cazuri. Terenurile curgătoare sînt tot atît de răspîndite în Republica Democrată Germană, Republica Federală Germană, Belgia, Țările de Jos, Anglia, S.U.A. și în alte țări.

CURGERI DE TEREN CATASTROFALE

Într-una din carierele de cărbune brun din Germania s-a întîmplat o catastrofă neașteptată. Evenimentul a avut loc în toamna rece și ploioasă a anului 1932. Pe vremea aceea în carieră se desfășurau lucrări intense. Cărbunele era extras de pe platforma cea mai joasă — de pe treapta a treia. Adîncimea acesteia atingea pe atunci o mărime apreciabilă — 45 de metri. Supraveghetorul, care se afla sus, la înălțimea unui bloc de cincisprezece etaje, putea să vadă mecanismele, precum și siluetele mărunte ale muncitorilor care săpau în straturile de cărbune de dimineață pînă seara.

Cariera ocupa un teritoriu vast. Lungimea ei depășea doi kilometri, iar lățimea — un kilometru. De fapt, extracția cărbunelui se făcea pe platforma relativ mică a treptei a treia. Deasupra acesteia se înălțau impunătoare cele două trepte nisipoase, întîia și a doua, care luate laolaltă aveau o înălțime de aproape 30 de metri.

Catastrofa s-a petrecut seara. La început s-a auzit un vuiet surd ; pe urmă, muncitorii care se găseau în carieră au văzut o masă cenușie uriașă de nisip și apă ce se deplasa cu viteză mare. N-a fost nevoie decît de cîteva minute ca această masă să acopere treapta inferioară, înghițind un excavator și alte mașini care lucrau acolo.

Torentul catastrofal de teren lichid a deplasat peste 1,5 milioane tone de nisip. Stratul de cărbune aflat în exploatare a fost acoperit de un morman de rocă afînată gros de 19 metri.

Catastrofa a produs nu numai pagube materiale și întîrzieri în executarea lucrărilor, dar a provocat și victime omenești.

Cazul descris nu este singurul. Curgeri de nisip friabil saturat cu apă sînt cunoscute și în multe alte locuri. C. Terzaghi descrie o serie de cazuri interesante de curgere masivă a nisipurilor friabile saturate cu apă pe litoralul mării în provincia de sud-vest a Țărilor de Jos — Zeelanda. Aici malul mării este alcătuit dintr-un complex de nisipuri cu granulație mică și medie, gros de 20—40 de metri. În această zonă apare din cînd în cînd un fenomen straniu : nisipurile încep să se taseze și să se îndrepte spre mare cu un vuiet surd, în șuvoaie largi, înaintînd cu viteză surprinzătoare.

Cea mai semnificativă catastrofă de acest gen s-a petrecut în anul 1814 în apropiere de Borcel. Cu acest prilej, o masă de nisip saturat cu apă, avînd un volum de 1,6 milioane de metri cubi, s-a deplasat spre mare cu un zgomot care amintea de bubuitul tunetului.

Pe litoralul Olandei aceste catastrofale mișcări de nisip apar de cele mai multe ori în timpul mareelor.

În practica construcțiilor din U.R.S.S. sînt de asemenea cunoscute situații de diluare și deplasare neașteptată a nisipului.

Un caz de mișcare a nisipului lichid s-a constatat pe Don în anul 1949. Aici, pe malul stîng nisipos al Donului se găsea o grămadă de pietre pentru construcții. Într-o zi s-a auzit un zgomot destul de puternic, și întreaga masă de nisip de sub grămada de pietre și din jurul ei s-a deplasat spre rîu pe o dis-

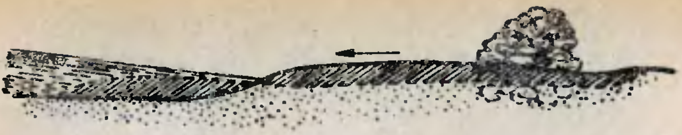


Fig. 27. — Curgere de nisip pe malul Donului.

tanţă de cîţiva metri. Rîndurile de jos ale stivei de pietre aflate pe nisip s-au cufundat la o adîncime de aproape 0,5 metri (fig. 27).

In acest caz fenomenul de curgere a terenului s-a produs în timpul cînd nivelul rîurilor scăzuse brusc din cauza unui vînt puternic.

Toate aceste exemple sînt o mărturie a capacităţii unor tipuri de nisipuri saturate de apă de a se dilua în anumite condiţii pe neaşteptate şi de a se deplasa în forma unor torenţi. Deplasarea lor este totdeauna îndreptată spre partea unor înclinări de teren neînsemnate. Este de asemenea posibilă stoarcerea nisipurilor diluate de sub greutăţile care se află pe suprafaţa lor (de exemplu, ale fundaţiilor grele, masivelor, cheiurilor etc.).

CUM SE FORMEAZĂ TERENURILE CURGĂTOARE?

Ce sînt, deci, terenurile curgătoare? Care sînt cauzele care silesc terenurile nisipoase să curgă? Multă vreme nu s-a putut răspunde la asemenea întrebări.

De studierea acestui fenomen s-au ocupat oameni de ştiinţă din mai multe ţări. Cercetătorul sovietic A. F. Lebedev, care a studiat terenurile curgătoare, a descoperit că în anumite condiţii particulele de nisip sînt în stare, sub presiunea apei, să rămînă în suspensie şi să se deplaseze. Lucrul acesta a permis să se tragă o primă concluzie, și anume că poate deveni teren curgător orice fel de rocă nisipoasă asupra căreia se exercită acțiunea presiunii apei în mișcare.

Cu cît este mai mare această presiune a apei, cu atît mai mari vor fi particulele care încep să plutească. Chiar și nisipurile cu granulație mare, care conțin în compoziția lor granule de pietriș, pot să intre în mișcare.

Presiunea apei la care începe deplasarea granulelor de nisip a fost denumită *gradient critic*.

A. F. Lebedev a propus ca terenurile curgătoare de acest tip să fie denumite terenuri pseudocurgătoare. La baza capacității de curgere a terenurilor pseudocurgătoare stă o cauză dinafară — mișcarea apei subterane.

Lupta împotriva acestei categorii de curgeri a nisipului nu prezintă greutăți. Este necesar doar a se înlătura cauza — a reduce presiunea apei, și curgerea se va opri.

Există însă și terenuri curgătoare care nu pot fi imobilizate numai prin simpla reducere a presiunii. Problema aceasta s-a dovedit a fi mai greu de rezolvat.

Continuîndu-și cercetările, A. F. Lebedev a descoperit terenuri la care cauza mobilității rezidă chiar în roci. El le-a denumit terenuri realmente curgătoare.

Deosebirea dintre terenurile pseudocurgătoare și terenurile realmente curgătoare apare evident în timpul executării lucrărilor. Dacă pentru stăvilirea curgerii terenurilor pseudocurgătoare este suficient să se îndepărteze apa subterană, la terenurile realmente curgătoare îndepărtarea și reducerea nivelului apei se dovedesc a fi în genere dificile. Înlăturarea presiunii apei nu anihilează curgerea acestor terenuri.

În timp ce terenurile pseudocurgătoare pot fi alcătuite din roci cu compoziție diferită, terenurile realmente curgătoare reprezintă o categorie aparte. Ce fel de terenuri sînt acestea?

S-a constatat că este vorba de o anumită categorie de roci nisipoase-coloidale.

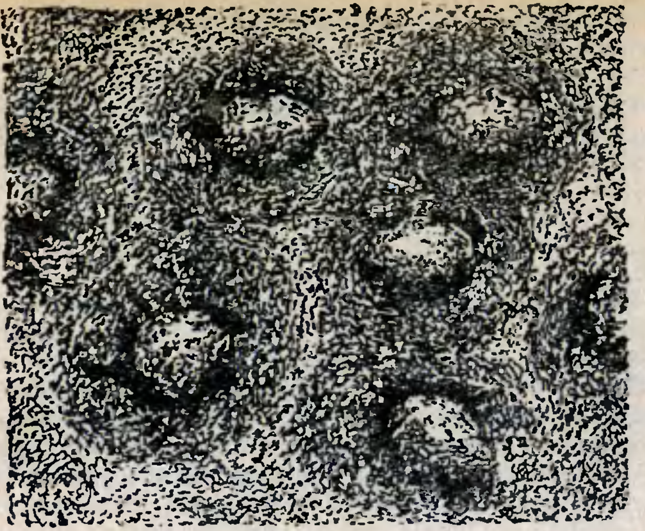


Fig. 28 — Dispunerea granulelor de nisip în terenurile realmente curgătoare.

Un studiu minuţios al proprietăţilor acestor terenuri a fost efectuat de cercetătoarea sovietică I. M. Gorkova. Ea a descoperit că granulele de nisip din aceste roci nu se ating una de alta (fig. 28). Granulele sînt înconjurate de flocoane coloidal-disperse de culoare gălbuie. Această masă structurală extrem de fină determină multe din proprietăţile terenurilor realmente curgătoare: marea mobilitate, umiditatea foarte mare (pînă la 50%) şi porozitatea ridicată (40—60%).

Flocoanele acestea nespus de fine îngreuiază circulaţia apei prin terenurile realmente curgătoare.

Vedem deci că secretul terenului realmente curgător se află ascuns în structura lui extrem de originală. Dacă această structură este menţinută, atunci pe suprafaţa terenului curgător se poate umbla nestingherit. Este însă suficient să agităm terenul prin amestecare sau să provocăm o vibraţie a lui, ca imedial după aceasta stabilitatea (rezistența) lui să se reducă de zeci și chiar de sute de ori.

O asemenea acțiune dinamică asupra terenului curgător se exercită atunci cînd se bat piloții. Prin aplicarea unor lovituri slabe, dar repetate des, piloții pot fi introduși repede în teren. Lucrul acesta a fost posibil datorită proprietăților specifice ale terenurilor realmente curgătoare. După cîteva minute, cînd nisipul și-a restabilit structura inițială, piloții nu mai pot fi scoși, fiind puternic cuprinși de teren.

Se naște întrebarea: de ce se produce o atare reorganizare a structurii? Studiind terenurile realmente curgătoare și argilele saturate cu apă, oamenii de știință au descoperit că particulele fine din compoziția lor sînt niște coloizi. În zilele noastre puțini sînt cei care nu cunosc acest cuvînt. Dacă, de pildă, luăm o cantitate mică de argilă de acest fel și o punem într-un filtru, vom vedea că toată argila trece prin el. Particulele coloidale pot fi reținute numai cu ajutorul unor ultrafiltre speciale. Puneți o picătură de soluție coloidală pe o bucată de sticlă și încercați să vedeți particulele la un microscop optic. Nu se văd. Ele pot fi observate numai la un microscop electronic.

Substanțele în stare coloidală sînt larg răspîndite în natură. Din coloizi sînt alcătuite aproape toate organsimele vegetale și animale, majoritatea produselor alimentare, hainele, hîrtia etc.

În esență, la sistemele coloidale trebuie raportate terenurile argiloase, precum și terenurile realmente curgătoare. Mediul din aceste roci este apa, în care sînt uniform distribuite cele mai fine particule minerale.

Aceste sisteme coloidale amintesc de piftiile tari, care în chimia fizică sînt denumite geluri (de la cuvîntul latin gelum — gheață). În anumite condiții coloizii se pot întîlni în soluții lichide și atunci se numesc soluri (de la cuvîntul latin solum-soluție). Cînd terenul se găsește în stare de sol, el poate să curgă ca apa.

În condițiile obișnuite, argilele saturate cu apă și terenurile realmente curgătoare se găsesc în stare de gel. Dacă însă începem să le agităm energic, atunci se produce aproape imediat o trecere de la gel la sol. Argilele și terenurile curgătoare se diluează și, pierzîndu-și rezistența, curg ca un lichid.

Lăsați un astfel de teren lichid un timp în liniște. Veți vedea că va căpăta din nou o oarecare rezistență și se va transforma în gel.

Marele om de știință sovietic P. A. Rebinder explică acest fenomen în felul următor : în geluri se formează o rețea de particule fine fracționate, în celulele căreia este cuprinsă apa. Prin agitare, această rețea se destramă, și sistemul coloidal se diluează. În stare liniștită ea se restabilește, și o dată cu aceasta intervine din nou starea gelatinoasă. Fenomenul de transformare în urma unei agitații a gelului într-un sol lichid a căpătat denumirea de tixotropie. La baza acestui termen stau rădăcinile a două cuvinte grecești : *tixis*-atingere și *tropos* — schimbare, așadar — schimbare prin atingere.

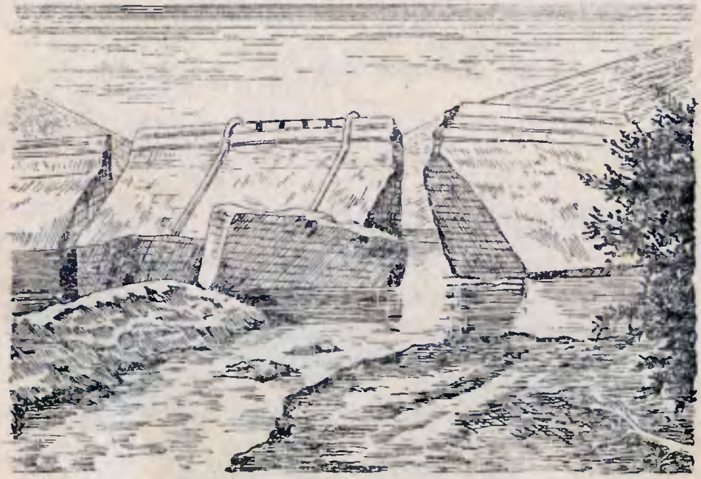


Fig. 29 — Avaria unui baraj din S.U.A. în urma diluării fundației argiloase.

Tixotropia exercită o mare influență asupra rezistenței argilelor saturate cu apă și a terenurilor realmente curgătoare (fig. 29).

Capacitatea diferitelor terenuri de a se dilua în acest fel este variată. Ea depinde de compoziția minerală, dimensiunea particulelor, mărimea umectării și de mulți alți factori.

Acum ne putem explica fenomenele bizare care apar în terenurile realmente curgătoare, fenomene descrise mai sus: cufundarea ușoară a piloților într-un teren realmente curgător prin lovituri slabe, dar dese, este cauzată de apariția tixotropiei.

Cînd piloții, după ce-au fost bătuți, sînt lăsați un timp neatinși, rețeaua structurală și starea gelatinoasă a terenului se restabilesc repede. Terenul „apucă" strîns piloții.

Apariția curgerilor la nisipurile saturate cu apă poate fi explicată, de asemenea, într-o anumită măsură, prin tixotropie. Cu cît terenul nisipos conține mai multe particule coloidale extrem de fine, cu atît el este mai supus curgerii.

Cercetătorul sovietic V. A. Priklonski a făcut o experiență interesantă. El a adăugat la un nisip cuarțos pur numai 2% particule argiloase coloidale și a constatat că un atare teren capătă o capacitate de tixotropie evidentă.

CE PRESIUNE POATE SUPORTA TERENUL CURGĂTOR?

Ce s-ar întîmpla dacă pe suprafața terenului curgător am construi o casă? Terenul îi va suporta greutatea?

La prima vedere s-ar părea că nisipul saturat cu apă, diluat, care se pune în mișcare chiar în cazul presiunilor mici, nu este în stare să suporte nici măcar o sarcină minimă. Părerea aceasta este justificată, dar nu în toate situațiile. Explicația constă în

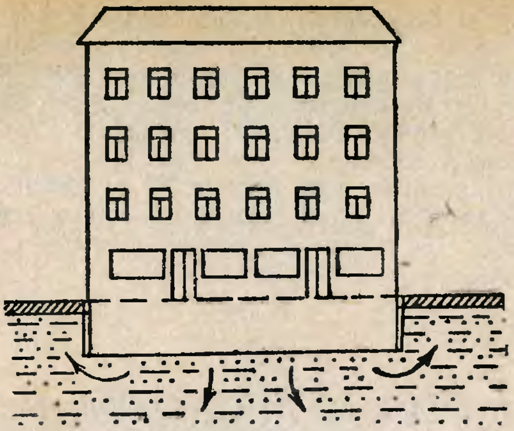


Fig. 30 — Dacă în terenul curgător nu există ieşire laterală liberă, el poate să suporte presiuni mari.

faptul că terenul curgător poate, în unele condiţii, să se preseze şi să se scurgă de sub fundaţiile clădirilor, iar în altele să rămînă nemişcat. Într-adevăr, să ne închipuim că pămîntul nu are ieşire într-o parte sau în alta, iar de sus este presat de terenurile dense existente. Rezultă că în acest caz el poate să suporte presiuni mari (fig. 30).

A. F. Lebedev a făcut cîteva experienţe interesante. El a calculat presiunile pe care le suportă un teren curgător în asemenea condiţii, şi a constatat că un metru pătrat din suprafaţa lui este în stare să reziste unei sarcini de aproape 80 000 de kilograme.

Este uşor de ghicit că o rezistenţă aşa de mare apare datorită faptului că presiunea este suportată nu atît de particulele de nisip, cît de apă. Şi apa, după cum se ştie, se comprimă foarte puţin.

Clădirile construite pe un teren curgător creează în adîncimea lui o presiune destul de înaltă a apei în pori.

Potrivit legilor hidrostaticii, această presiune se transmite la distanţe destul de mari în părţi. Dacă la o oarecare distanţă de clădirile zidite apar condiţii pentru deplasarea terenului curgător (de pildă, în gropile de fundaţie noi), atunci capacitatea lui portantă scade brusc. Mărimea ei se reduce pînă la 3 000—5 000 de kilograme pe metru pătrat. În acest caz se pot produce deformări apreciabile ale clădirilor. De aceea, înainte de a se trece la construcţie pe terenuri curgătoare este necesar să se efectueze minuţioase cercetări tehnico-geologice asupra amplasamentului.

SE POATE LUPTA CU TERENURILE CURGĂTOARE?

Constructorii întîlnesc destul de des terenuri curgătoare. Atunci, cum pot ei să sape şanţuri, tranşee sau gropi de fundaţie pentru clădiri ? Cum să evite prăbuşirea clădirilor situate în apropiere ?

Am văzut metoda ingenioasă la care au recurs constructorii de poduri din Siberia. Totuşi, făina de secară sau celelalte substanţe cu acţiune asupra terenurilor curgătoare au doar un efect de scurtă durată. Afară de asta, metoda este aplicabilă numai pentru gropi de fundaţie şi tranşee puţin adînci, şi de aceea nu se foloseşte pe scară largă.

Problemele puse se rezolvă lesne atunci cînd se construieşte pe terenuri pseudocurgătoare. Este suficient să fie evacuate apele freatice, şi nisipurile secate vor înceta să mai curgă.

Ce e de făcut însă cînd drenajul deschis al gropii de fundaţie de pe terenurile pseudocurgătoare devine primejdios pentru construcţiile învecinate şi atrage după sine sufoziunea — evacuarea terenului, cu toate consecinţele care decurg de aici ?

Multă vreme această problemă n-a putut fi rezolvată. Şi totuşi, ca în numeroase alte cazuri, soluţia ei s-a dovedit a fi cît se poate de simplă. În anul 1866,

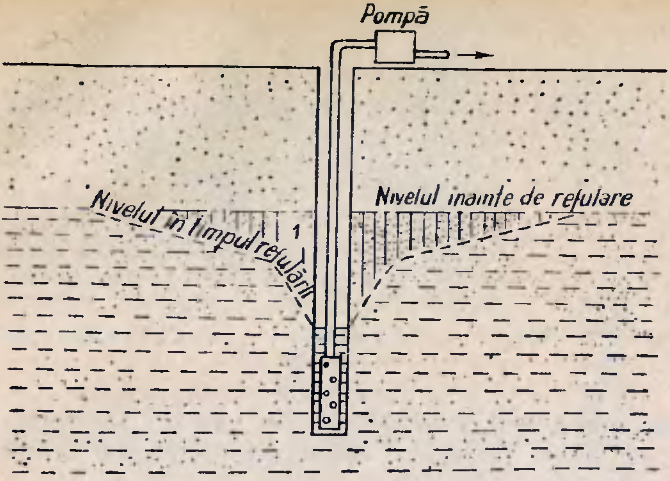


Fig. 31 — Formarea pîlniei de depresiune (1) — în jurul sondei — în cazul refulării apei.

specialiştii germani au recurs pentru prima oară la o prealabilă reducere a nivelului apei din nisipuri cu ajutorul evacuării apelor din teren.

Metoda aceasta s-a arătat de la început destul de sigură şi a fost repede preluată şi pusă în aplicare în construcţia metrourilor din Budapesta şi Berlin.

În ce constă ea?

Să săpăm în pămînt o sondă de foraj şi să coborîm în ea ţeava de aspiraţie a pompei. Pentru ca pompa să nu atragă şi nisipul, vom pune la capul ei un filtru cu o sită fină de cupru. Acum să încercăm să evacuăm apa. Dacă vom pompa un anumit timp, în jurul sondei se va produce, ca urmare a refulării o scădere a nivelului apei freatice (fig. 31). Se va forma o pîlnie, aşa cum s-a arătat în figură. Geologii au denumit această reducere a nivelului de lîngă sondă, cauzată de pompare, pîlnie de depresiune.

Să luăm nu o sondă, ci două, dispuse la mică distanţă una de alta. Vom începe să pompăm apa din

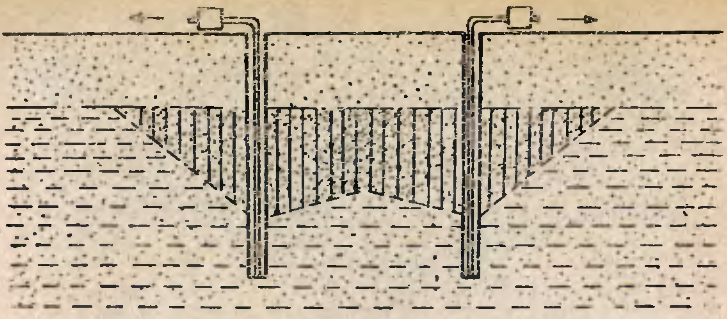


Fig. 32 — Formarea pîlniei comasate în cazul cînd funcționează două sonde.

ele concomitent. Pîlniile de depresiune din jurul sondelor se vor contopi, și nivelul apei subterane dintre ele va coborî (fig. 32).

Vom încerca acum să înconjurăm groapa de fundație cu o serie întreagă de sonde. Dacă începem să pompăm apa din ele în același timp, vom obține reducerea necesară a nivelului din interiorul sectorului (fig. 33), secînd în felul acesta nisipurile în limitele șantierului.

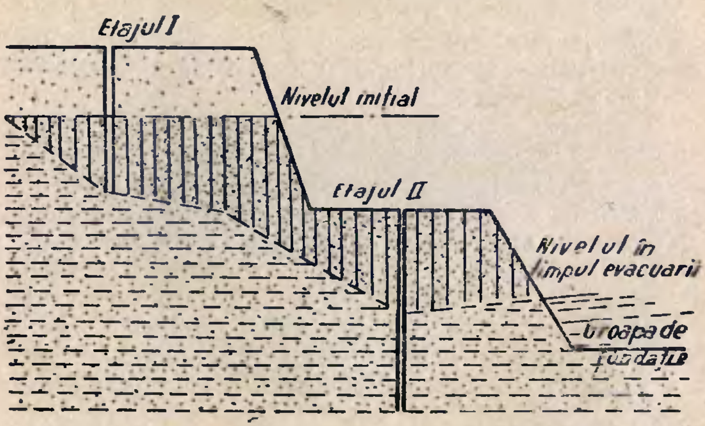

Etajul I
Nivelul inițial
Etajul II
Nivelul în
timpul evacuării
Groapa de
fundație

Fig. 33 — In cazul cînd o serie de sonde este insuficientă, în jurul gropii de fundație se fac două etaje de sonde.

Acest principiu stă la baza evacuării apei din teren.

Savanţii şi inginerii sovietici au perfecţionat într-o măsură apreciabilă această metodă. Astăzi, pe şantierele din Uniunea Sovietică se folosesc pe scară largă instalaţii speciale pentru reducerea nivelului apei — filtrele aciculare. Deosebit de interesante sînt filtrele aciculare adînci, realizate de V. K. Iarţev şi P. P. Argunov. Ele reprezintă o ţeavă cu un diametru de 75 de milimetri, în interiorul căreia se găseşte o altă ţeavă, mai subţire, cu un diametru de 50 de milimetri. Partea inferioară a ţevii mari este prevăzută cu un filtru. Ţeava interioară este utilată la capăt cu o supapă sferică de cauciuc (fig. 34).

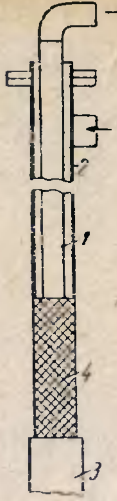


Fig. 34 — Schema filtrului acicular: *1 — ţeavă interioară, 2— ţeavă exterioară, 3 — capătul cu freză, 4—filtru.*

Pomparea apei cu ajutorul filtrului acicular se realizează în felul următor: la început filtrul se instalează într-o adîncitură dinainte pregătită, şi în ţeava cea mică se introduce apă sub presiune (de 2—3 atmosfere). Şuvoiul de apă deschide supapa sferică şi izbeşte cu putere în teren, producînd eroziunea lui. Particulele de rocă sînt apoi scoase o dată cu apa prin spaţiul din spatele coloanei. Sub presiunea propriei sale greutăţi, filtrul acicular parcă se prăbuşeşte în golul care se formează sub el. Întregul proces al acestei scufundări, pînă la o adîncime de 8-20 de metri, durează 5-15 minute.

După aceasta, ţeava interioară se pune în legătură cu o pompă de vid, care determină în ea o rarefiere. Sub acţiunea rarefierii apa este absorbită în ţeavă şi trasă în sus. Pentru a mări înălţimea şi viteza urcării, în ţeava exterioară se pompează suplimentar aer comprimat. Apa urcă pe ţeavă la o înălţime de 15-20 de metri. Asemenea instalaţii de filtrare aciculară de adîncime oferă posibilitatea de a reduce nivelul apei subterane cu 10-16 metri.

Metoda aceasta este bună împotriva curgerii terenurilor pseudocurgătoare, dar ea nu este aplicabilă pentru secarea terenurilor realmente curgătoare. Se pune deci întrebarea: cum să luptăm cu terenurile realmente curgătoare?

GERUL NE VINE IN AJUTOR

Experiența arată că atunci cînd se lasă ger, noroiul de pe drumuri se preface într-o masă tare, pietrificată. Terenul înghețat are o rezistență destul de mare.

Ce-ar fi să folosim această acțiune a gerului în lupta împotriva terenurilor realmente curgătoare?

O primă încercare de acest fel s-a făcut în anul 1862 în Wales (Anglia). Ea a fost însă nereușită. S-a întreprins o nouă încercare abia după 20 de ani, în Saxonia. De astă dată s-a obținut un succes deplin. Astăzi congelarea a devenit un procedeu de construcție obișnuit în combaterea curgerii terenurilor. Acest procedeu găsește o largă aplicare în înălțarea celor mai variate construcții (fig. 35). Un strălucit exemplu de folosire a congelării este consolidarea nisipurilor diluate în construirea primei etape a metroului din Moscova.

Congelarea se realizează în mai multe feluri. Dacă stratul de teren curgător nu are o grosime prea mare, în jurul gropii de fundație se creează, prin congelare, un perete compact rezistent din nisip cimentat de gheață.

In cazul cînd terenurile curgătoare au o grosime mare, se congelează nu numai pereții, dar și talpa fundației. Uneori este necesar să se congeleze întregul sector destinat construcției.

Cum se realizează procesul de congelare? Modul cel mai simplu de congelare a unui teren curgător este gerul natural. In acest scop se sapă groapa de fundaţie pînă la adîncimea posibilă şi se lasă pînă cînd fundul şi pereţii gropii îngheaţă. Apoi groapa de fundaţie se adînceşte cu 0,3—0,4 metri, repetînd congelarea. In fiecare etapă este necesar să se congeleze un strat de teren lichefiat de o jumătate de metru. Congelînd un strat după altul, se ajunge la adîncimea necesară.

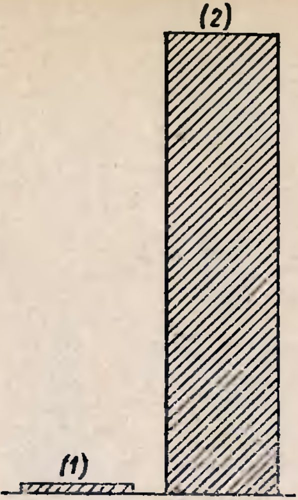


Fig. 35 — Stabilitatea terenului lichefiat, înainte de congelare (1) şi după (2).

După cum vedeţi, procedeul e simplu, dar foarte, foarte încet. Este nevoie de luni de zile ca să înaintezi în adîncime cu 2—3 metri.

Constructorii din Ural s-au gîndit la un procedeu de accelerare a congelării naturale a terenului curgător: în terenul lichefiat se cufundă un sistem de ţevi prin care, cu ajutorul ventilatorului se trece aerul îngheţat de-afară. Nisipul lichefiat, răcit concomitent de sus şi de jos, îngheaţă mult mai repede.

Ce se întîmplă însă dacă iarna este caldă sau dacă construcţia are loc în regiunile din sudul ţării?

In această situaţie trebuie să se recurgă la ajutorul „frigului artificial".

Aduceţi-vă aminte de ceea ce aţi învăţat la fizică: în timpul evaporării lichidului se produce o absorbţie de căldură. Ei bine, tocmai acest principiu a fost pus la baza congelării artificiale.

Ca gaz lichid se foloseşte de cele mai multe ori amoniacul, care se află într-un balon de oţel sub o pre-

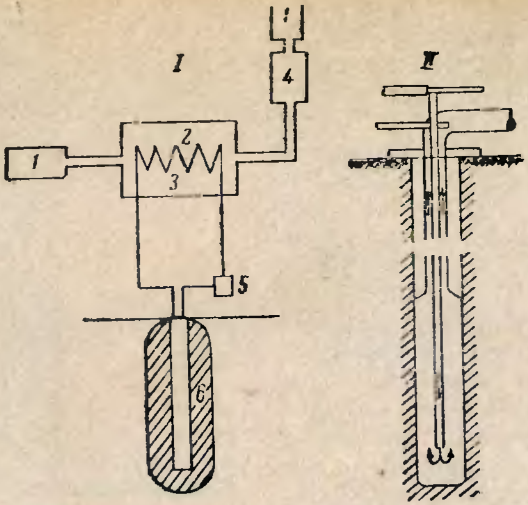


Fig. 36 — Schema instalaţiei pentru congelare artificială : I — camera de congelare ; II — schema instalaţiei : 1 — *balon de amoniac,* 2 — *cameră refrigerentă,* 3 — *serpentină,* 4 — *compresor,* 5 — *pompă,* 6 — *stratul de teren supus congelării.*

siune de 10 atmosfere. Amoniacul lichid din acest balon, dirijat într-o cameră refrigerentă, se evaporă, răcind aerul din cameră pînă la —26 de grade.

În cameră (o cutie metalică) există o serpentină, prin care circulă o soluţie de sare ; soluţia ajunge apoi în sondele din teren. Temperatura la care îngheaţă această soluţie este de —35 de grade. Scurgîndu-se pe lîngă pereţii sondelor, ea le transmite frigul, care congelează terenul curgător din jur (fig. 36).

Amplasînd sondele de congelare la un interval de 1—1,5 metri între ele, obţinem în jurul gropii de fundaţie un perete compact de gheaţă. Pentru formarea lui este nevoie de 2—3 luni şi el se păstrează timp de mai multe luni. Asemenea pereţi de gheaţă ating în unele cazuri dimensiuni mari. În practica construcţiilor există cazuri cînd s-au congelat pereţi cu o lungime de la o sută de metri pînă la o jumătate de kilometru.

Au fost imaginate diferite metode pentru amenajarea gropilor de fundaţie, carierelor şi a altor săpături în terenurile curgătoare.

Mintea omului activează neobosit, perfecţionînd metodele vechi şi creînd altele noi.

Una dintre cele mai vechi metode de construcţii în terenurile saturate cu apă este metoda chesoanelor. Fără îndoială că majoritatea cititorilor au auzit de această metodă de execuţie a lucrărilor.

Principiul ei este foarte simplu. Să luăm un clopot mare, pe care îl punem cu partea deschisă pe teren şi să creăm în el o presiune ridicată. Dacă începem să-l cufundăm în masa de teren lichefiat, apa şi nisipul nu vor putea intra în clopot, întrucît aerul comprimat va împiedica aceasta. Să ne închipuim acum, în locul clopotului, o cameră mai mare a unui cheson în interiorul căruia pot să lucreze cîţiva muncitori. Pe măsură ce se sapă terenul de sub marginile chesonului, acesta se cufundă sub acţiunea propriei sale greutăţi. Materialul extras se aruncă afară cu ajutorul unui dispozitiv special, care face ca presiunea din camera chesonului să nu scadă (fig. 37). Un mare neajuns al acestei metode îl constituie faptul că muncitorii sînt nevoiţi să lucreze în condiţiile aerului comprimat.

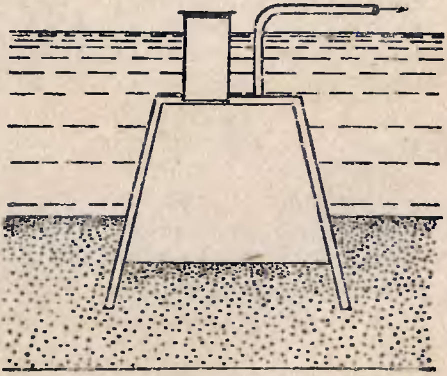


Fig. 37 — Schema excavării nisipului saturat cu apă, prin intermediul chesonului.

În ultima vreme metoda chesoanelor se folosește din ce în ce mai puțin. Ea este înlocuită cu altele, mai puțin greoaie și mai eficiente.

Pentru consolidarea nisipurilor curgătoare se folosește deseori silicatizarea, despre care am mai vorbit în prima parte a cărții.

Mai există un procedeu de săpare a gropilor de fundație în terenurile curgătoare. Constructorii îl denumesc metoda excavării subacvatice. Esența metodei este următoarea: terenul (fără apă) este scos din groapa de fundație cu ajutorul unui excavator special care se găsește afară, lîngă marginea gropii de fundație. Întrucît în timpul lucrărilor nivelul apei din groapa de fundație rămîne constant, deplasarea nisipului sub presiunea apei practic nu are loc.

Se mai poate vorbi și despre alte mijloace de supunere a terenurilor curgătoare: amenajarea unor pereți despărțitori de beton armat, crearea îngrădirilor de palplanșe din scînduri, din plăci de lemn sau metalice, de palplanșe de beton armat etc. Toate acestea sînt folosite pe scară largă în producție.

TERENURILE ARGILOASE

ARGILELE

„MINERALELE INVIZIBILE"

Pînă acum ne-am familiarizat cu nisipurile, alcătuite din particule relativ mari, cu un diametru de la 2 la 0,05 milimetri. Oamenii de știință au izbutit să descopere însă și un întreg univers al mineralelor „invizibile". Dimensiunile lor sînt mai mici de 0,001 milimetri şi uneori chiar decît 0,00001 milimetri. O însemnată parte din microcristalele acestor minerale, nu numai că nu pot fi văzute cu ochiul liber, dar nici măcar cu ajutorul celor mai puternice microscoape optice.

Mineralele „invizibile" sînt răspîndite pretutindeni în jurul nostru, dar noi nu le zărim. Se întîlnesc și în apă, și în aerul care ne înconjoară. Astfel, într-un centimetru cub din cel mai curat aer se găsesc peste 1 000 de granule minerale microscopice.

Multe din mineralele „invizibile" au putut fi văzute pentru prima oară cu ajutorul microscopului electronic, care permite să se mărească imaginea obiectelor de 10 000, 100 000, 300 000 de ori și chiar mai mult. Folosind metode moderne de cercetare, oamenii de ştiinţă au descoperit peste 160 de minerale de acest tip. Datorită proprietăţilor și dimensiunilor lor mici, mineralele „invizibile" au fost denumite coloidal-dispersate. Aglomerările de miliarde de granule extrem de mici ale acestor minerale, în amestec cu particule nisipoase formează argile.

În compoziția acestor roci intră într-o cantitate însemnată particule foarte fine, cu un diametru mai mic de 0,001 milimetri.

Mineralele coloidal-dispersate se caracterizează printr-o serie de particularități, care sînt determinate în primul rînd de dimensiunile lor mici, precum și de compoziția și structura lor originală.

Într-un centimetru cub de argilă există peste 25 milioane de microcristale de minerale „invizibile". Aceasta reprezintă o cantitate de cristale de cel puțin 14 ori mai mare față de cantitatea de cristale cuprinsă într-un metru cub de nisip.

O fracționare atît de mare a materiei determină o suprafață specifică mare. Prin aceasta din urmă se înțelege aria suprafeței tuturor granulelor cuprinse într-un centimetru cub de substanță.

Pentru a ne reprezenta mărimea suprafeței specifice pe măsura fracționării substanței, să luăm un mineral oarecare de formă cubică, avînd un volum de un centimetru cub. Toate laturile acestui mic cub trebuie să fie, firește, de un centimetru. Suprafața acestui cub va fi de 6 centimetri pătrați.

Să tăiem acest cub în 8 părți cubice egale, cu laturile avînd lungimea de 0,5 centimetri. Se poate stabili ușor că suprafața lor totală se va mări cu mult (fig. 38). Dacă vom continua fragmentarea, atunci cînd laturile cuburilor mici vor ajunge la dimensiunea de 0,00001 milimetri, suprafața lor specifică va fi de 600 000 de centimetri pătrați, sau de 60 de metri pătrați.

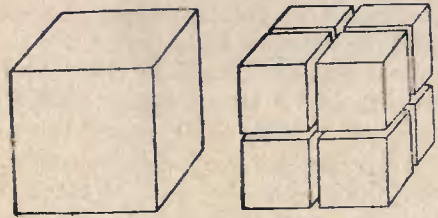

$S=6 cm^2$ $S=24 cm^2$

Fig. 38 — Mărirea suprafeței specifice pe măsura fragmentării substanței

Oamenii de știință au stabilit că cu cît este mai mare suprafața specifică, substanța devine mai activă. Ea dispune de o capacitate sporită de absorbţie a apei şi a diferitelor substanţe, forţele moleculare din ea se manifestă mai intens etc. Toate calităţile enumerate sînt proprii mineralelor „invizibile“ cu suprafaţă specifică mare. În afară de aceasta, mineralele coloidal-dispersate au structură şi proprietăţi variate.

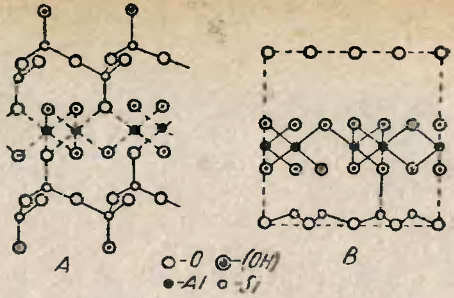


Fig. 39 — Structura montmorillonitului (A) şi a caolinitului (B).

Două grupe din aceste formaţiuni se deosebesc între ele în mod evident. Din prima grupă face parte un mineral larg răspîndit, şi anume caolinitul. Particularitatea principală a acestuia este „rigiditatea“ reţelei cristaline (toate moleculele din care este alcătuit sînt strîns legate una de alta), din care cauză caolinitul şi mineralele asemănătoare se umflă relativ puţin.

Un reprezentant al mineralelor din grupa a doua este montmorillonitul (denumit aşa după numele oraşului Montmorillon din Franţa). Caracteristica principală a lui este existenţa unei reţele cristaline mobile, neobişnuită la minerale. Ea constă din pachete de cristale slab legate între ele (fig. 39). Pe măsura umectării, moleculele de apă pătrund între pachete şi le desface ca pe-un burduf de armonică.

Mineralele care au asemenea structură se umflă intens la umezire, mărindu-şi volumul de 5 şi chiar de 10 ori.

Să luăm o bucată de argilă uscată și să încercăm s-o fărîmițăm. Constatăm că este tare ca piatra. S-o umezim. Unde a dispărut rezistența ei? Fără vreun efort deosebit, acum o frămîntăm dîndu-i orice formă vrem. Se spune că argila a devenit plastică. Dacă o vom umezi în continuare, roca își va pierde în general din coeziune și va începe să curgă ca un lichid. Această stare a argilei se numește fluidă.

Putem spune că proprietățile de construcție ale argilelor depind de umezirea lor. Cu cît umiditatea este mai mică, cu atît rezistența este mai mare. Este lesne de înțeles ce pericol reprezintă pentru temeliile argiloase ale clădirilor trecerea argilelor în stare fluidă.

Terenurile argiloase mai au o însușire neplăcută în construcții. Luați o bucată de argilă și tăiați din ea 2 cuburi identice. Udați cu apă unul din ele. După un timp veți vedea cum cubul „ud“ se umflă și parcă crește văzînd cu ochii. Această calitate a argilelor de a se umfla decurge din proprietățile mineralelor coloidal-dispersate care le alcătuiesc. Numai argilele caolinitice se umflă într-o măsură neînsemnată.

Argilele care conțin montmorillonit pot să-și mărească volumul de cîteva ori (fig. 40). Forța cu care se desfășoară umflarea argilei atinge 5—10 kilograme pe centimetru pătrat. Dacă se umflă un masiv de argile montmorillonitice, fiecare metru pătrat de la suprafața lui poate să ridice o sarcină de 100 000 de kilograme. Această cifră depășește de cîteva ori greutatea obișnuită a clădirilor și construcțiilor.

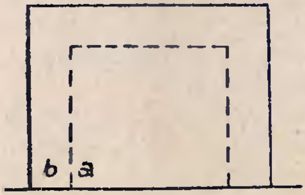


Fig. 40 — Mărirea volumului în cazul umflării argilei montmorillonitice: a — *volumul inițial*, b — *după umflare*.

Dacă uscăm argila udă, vom constata fenomenul invers — micșorarea volumului, sau, cum se mai spune, tasarea. Caracterul fisurilor ce se formează în asemenea cazuri este arătat în figura 41.

Să examinăm încă o proprietate a argilelor — porozitatea. Ştim deja că la nisipuri rezistenţa fundaţiilor depinde de mărimea porozităţii. Dar la argile? S-a constatat că argilele au o porozitate mai mare decît nisipurile. Valorile ei se găsesc cuprinse între 40 şi 60%. Deosebirea principală constă însă în forma şi dimensiunea porilor. Dacă la nisip porii sînt mari şi lasă apa să treacă uşor, la argile majoritatea porilor au dimensiuni microscopice. Mărimea lor nu depăşeşte 1—5 microni (micronul este o unitate de măsură egală cu a zecea mia parte dintr-un centimetru). În condiţii naturale microporii sînt de obicei plini de apă.

Porozitatea originală a argilelor creează condiţii speciale în cazul cînd pe acestea se construiesc clădiri. Pe de o parte, porozitatea generală înaltă duce la o mare compresiune a argilelor sub greutatea construcţiilor. Aceasta se dovedeşte totdeauna a fi în ultimă analiză mai mare decît compresiunea nisipului. Pe de

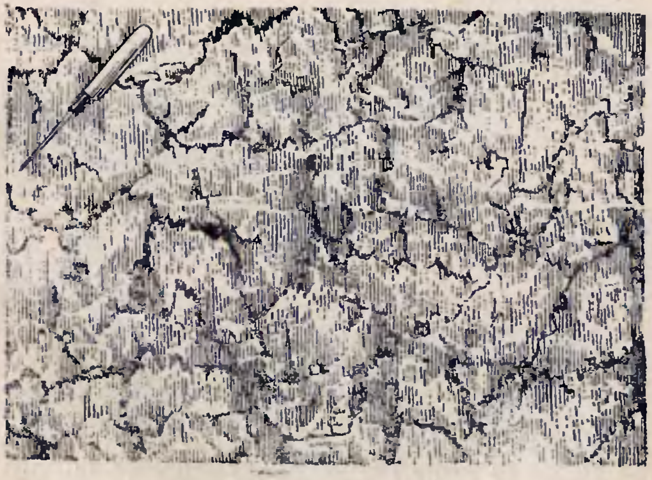


Fig. 41 — Fisurile care se formează la suprafaţa terenului argilos prin uscarea lui.

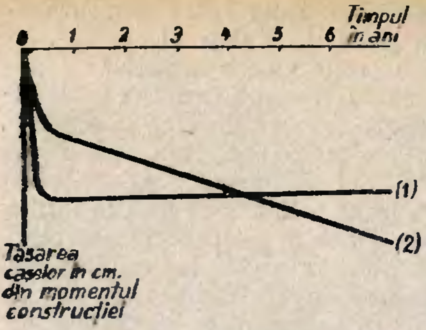


Fig. 42 — Tasarea caselor de pe nisip (1) şi de pe argile (2).

altă parte, mărimea redusă a porilor şi cantitatea de apă cuprinsă în pori sînt cauzele creşterii lente a tasării clădirilor.

Intr-adevăr, practic apa este incompresibilă; cît timp ea nu va fi evacuată din teren, tasarea nu se va termina. Sub presiunea greutăţii construcţiilor, în porii argilelor ia naştere o presiune a apei din pori. Sub acţiunea ei apa începe să fie stoarsă foarte încet în părţi. Acest proces poate dura sute şi chiar mii de ani! În tot acest timp tasarea clădirilor continuă.

Figura 42 demonstrează concret diferenţa dintre tasarea clădirilor de pe nisip şi a celor de pe argile.

O altă însuşire a argilelor care măreşte durata şi mărimea tasării clădirilor constă în capacitatea lor de a curge sub presiune. O presiune mică este suficientă pentru ca argila să devină mobilă. Dar curgerea aceasta a argilelor se desfăşoară extrem de încet. Deformaţii vizibile ale clădirilor datorită curgerii pot apărea la zeci şi sute de ani după construirea lor. Oamenii de ştiinţă nu au studiat încă pînă la capăt acest fenomen. Fără îndoială că el joacă un rol important în schimbarea, cu timpul, a stabilităţii argilelor.

TURNUL INCLINAT

Numeroase ghiduri recomandă insistent turiştilor care pleacă în Italia să viziteze oraşul Pisa din Toscana, situat în apropierea locului unde rîul Arno se varsă în azuria Mare Ligurică.

Acest mic oraș plin de însuflețire s-a făcut renumit prin celebrul său turn. Călăuze bune de gură proclamă acest edificiu drept o minune a lumii.

În anul 1174, în piața din fața catedralei orașului, arhitecții Bonanno și Guglielmo au început să construiască o clopotniță înaltă. Constructorii trebuiau să ridice un turn care să înfrumusețeze orașul. Nici constructorii, nici autoritățile orașului nu s-au gîndit și nu au bănuit că acest edificiu monumental avea să aducă faimă orașului pentru multe veacuri. În fiecare an, din întreaga lume vin zeci de mii de turiști să vadă celebrul turn din Pisa, aducînd consiliului municipal un venit apreciabil.

Ce este interesant la acest turn ? Prin ce anume atrage el atenția turiștilor ?

Explicația constă în faptul că turnul nu stă vertical, ca sute de alte turnuri și clopotnițe, ci vizibil înclinat în raport cu suprafața pămîntului. Tocmai acest lucru îi dă faima de turn înclinat, turn „care stă să cadă".

Se pune întrebarea : turnul a fost de la început proiectat ca înclinat, sau înclinarea s-a produs independent de voința constructorilor ?

Firește că voința constructorilor n-are aici nici un amestec. Înclinarea turnului este consecința unei erori comise în calculul fundației. Nu s-a ținut seama că la o mică adîncime, într-o parte a temeliei, se găsesc terenuri mîloase-argiloase intens compresibile. Îndesarea lor a atras după sine o mare tasare unilaterală a edificiului. Chiar de la începutul construcției, cînd pereții au atins înălțimea de 11 metri, s-a constatat că turnul se înclină. Zidirea lui a continuat însă cu întreruperi și a durat din anul 1174 pînă în 1350. Constructorii au căutat să îmbunătățească poziția clopotniței, construind porțiunea cea mai înaltă, de zece metri, nu pe centru, ci spre partea opusă înclinării.

Cînd s-a încheiat construcția, turnul avea o deviație a vîrfului de 2,1 metri față de verticală.

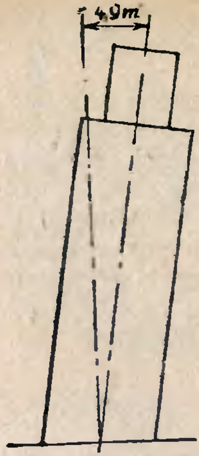


Fig. 43 — Devierea turnului de la verticală.

Cunoaştem acum capacitatea argilelor de a se întări lent, dar apreciabil. O strălucită confirmare a acestei particularităţi a argilelor este tasarea turnului de la Pisa. De mai bine de 750 de ani turnul s-a tasat într-o parte cu 3,2 metri, iar în cealaltă cu 1,6 metri.

Aşadar, viteza medie a tasării argilelor a fost de aproximativ 2 milimetri pe an. Cu puţin timp înaintea celui de-al doilea război mondial, practic tasarea turnului s-a oprit. A survenit, cum spun specialiştii în mecanică, starea de echilibru.

In timpul operaţiunilor militare, în apropierea pieţei din faţa catedralei au căzut bombe explozive. După terminarea războiului s-a constatat că tasarea turnului a început din nou. Sîntem îndreptăţiţi să credem că ea a fost cauzată de trepidaţiile care au apărut în urma exploziilor bombelor. În prezent, deviaţia vîrfului turnului de la verticală a atins 4,9 metri (fig. 43).

Turnul n-a căzut din mai multe motive. Şi anume: aici şi-au spus cuvîntul suprafaţa mare a temeliei, fundaţia de calitate şi înalta rezistenţă a zidăriei. Un rol, şi nu dintre cele din urmă, revine şi lucrărilor efectuate pentru întărirea turnului.

Turnul înclinat de la Pisa este un original monument al unei erori de construcţie, provocate de necunoaşterea proprietăţilor terenurilor argiloase de la baza lui.

În Uniunea Sovietică există turnuri de apă care pot să capete denumirea de înclinate. Astfel de turnuri înclinate pot fi văzute la Taganrog, Kamensk, Jdanov şi în alte oraşe. În toate cazurile, înclinarea a luat naştere în urma comprimării inegale a rocilor de la temelie.

La Leningrad, în Piața Decembriștilor, se înalță unul din cele mai mari edificii din oraș — catedrala Sf. Isaac, un monument al arhitecturii din prima jumătate a secolului al XIX-lea. Astăzi catedrala a fost transformată într-un muzeu-monument (fig. 44).

Construcția acestui edificiu a început în anul 1819 și a durat 40 de ani. Catedrala produce o impresie puternică prin măreția ei. Înălțimea edificiului atinge 102 metri. Dimensiunile catedralei permit ca ea să fie considerată, ca mărime, a treia clădire cu cupolă din lume. În interiorul ei pot încăpea 13 000 de persoane. Greutatea acestei constucții unice depășește 300 000 de tone.

O impresie deosebită lasă privitorului cele o sută coloane monolitice de granit care împodobesc catedrala. Pentru a tăia în carieră monolite atît de mari, pentru a le ciopli, a le lustrui și a le transporta la destinație cu ajutorul unor mijloace dintre cele mai simple a fost nevoie de o muncă colosală.

La temelia catedralei stau argile slabe saturate cu apă, neomogene. Constructorii și-au dat bine seama

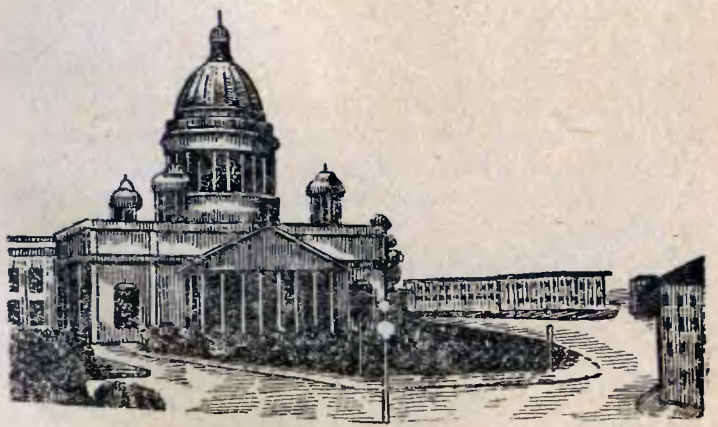


Fig. 44 — Muzeul-monument catedrala Sf. Isaac.

de dificultatea de a construi pe acest teren un edificiu atît de greu. De aceea, pentru a consolida temelia, în teren au fost bătuţi 12 000 de piloţi ; iar pentru întărirea lor s-au aşezat deasupra piloţilor două rînduri de blocuri de granit imense. Grosimea lor era de 7,5 metri. Construirea fundaţiilor a durat timp de 5 ani. La construcţia catedralei au lucrat 125 000 de oameni.

În durarea edificiului s-au comis o serie de greşeli. Unele dintre ele s-au făcut simţite imediat. De pildă. arhitectul a dispus să se construiască la început părţile uşoare, şi abia peste cîţiva ani partea mijlocie grea. O atare succesiune a lucrărilor, după cum era şi de aşteptat, a provocat deformaţii în anumite părţi ale edificiului. Tasarea neregulată a catedralei, care a început în primii ani ai construcţiei, continuă şi astăzi.

S-a stabilit că principala cauză a tasării rezidă în proprietăţile deosebite ale argilelor intens umectate, despre care am vorbit mai sus.

Au trecut ani. S-a sărbătorit centenarul catedralei, a început al doilea secol de existenţă a ei, iar tasarea continuă fără încetare. În prezent mărimea ei a atins 30—45 centimetri. Faptul că părţile diferite ca greutate ale catedralei sînt repartizate neregulat provoacă o tasare intensă a argilelor sub construcţiile mai grele şi una încetinită sub cele mai uşoare. Ca rezultat al acestui fapt apar fisuri şi înclinări, faţă de poziţia normală, ale coloanelor, deteriorarea construcţiilor.

Lucrurile au ajuns pînă acolo, încît pilonii de susţinere din mijlocul catedralei au început să ameninţe cu prăbuşirea.

Situaţia aceasta a impus să se ia măsuri urgente pentru întărirea lor. În anii 1956—1957 s-au executat ample lucrări de restaurare a catedralei şi în acelaşi timp s-a făcut mult pentru sporirea stabilităţii edificiului însuşi.

Exemplul catedralei Isaac confirmă perfidia argilelor. S-au gîndit oare constructorii că urmaşii lor vor trebui să-și bată capul în repetate rînduri pentru întărirea clădirilor lor monumentale, că fundații în aparență stabile vor fi atît de nesigure ?

O ISTORIE ULUITOARE

Evenimentul de mai jos s-a petrecut într-una din așezările muncitorești care au luat ființă după terminarea războiului. Casele noi cu trei și patru etaje străluceau de vopseaua proaspătă și ofereau o imagine plăcută ochiului. Noii locatari, fericiți, își luau în primire locuințele confortabile. A trecut repede un an, și în pereții caselor au început să apară fisuri. Locatarii au crezut că vinovați de degradarea clădirilor sînt constructorii. Au venit însă specialiștii ; ei au examinat stricăciunile și au luat probe de teren.

S-a constatat că deformațiile apărute au fost determinate nu de tasarea caselor, cum se putea presupune, ci, dimpotrivă, de o ridicare a lor. În continuare s-a stabilit că la baza clădirilor se află un complex de argile de cîțiva metri, denumite — datorită culorii lor — „de ciocolată". Cînd s-a făcut analiza mineralogică, s-a văzut că partea componentă principală a acestor terenuri o constituie montmorillonitul, mineral despre care am mai vorbit. S-a încercat în laborator umectarea lor și s-a descoperit că aceste argile cresc, în cazul măririi umezelii, ca un aluat cu drojdie. Ridicarea conținutului de apă cu 10—15% este însoțită de o creștere a lor în părți, în sus și în jos. Volumul crește cu 10—20%. S-a încercat să se pună o povară pe argila „de ciocolată" umectată. Și ce s-a întîmplat ? Cînd greutatea poverii a fost egală cu greutatea casei, mărirea volumului s-a redus, însă nu a încetat. Povara a fost sporită de două ori, dar și atunci s-a menținut o oarecare mărire a volumului în cazul umectării argilelor. S-a stabilit că intensi-

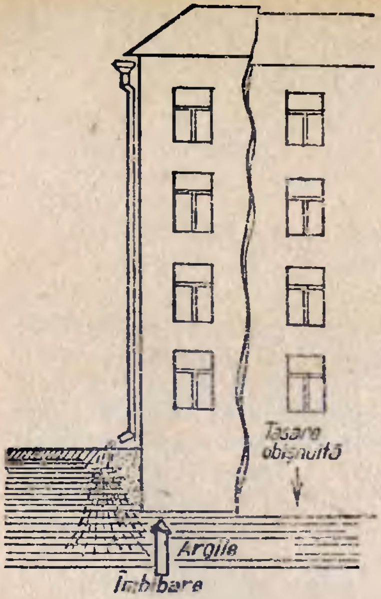


Fig. 45 — Schema deformaţiei caselor în cazul umflării argilelor.

tatea umflării argilei atinge 40 000—50 000 kilograme pe metru pătrat de suprafaţă.

Acum este simplu de înţeles care a fost cauza ridicării ciudate a clădirilor. Printr-o construcţie neglijentă, abaterea cît mai departe de case a apei de ploaie a fost insuficientă pentru a proteja fundaţia de argilă împotriva infiltrării apei.

Umectarea care s-a produs în unele sectoare a atras după sine o umflare locală a terenurilor argiloase. Intensitatea presiunii ei, după cum am mai explicat, depăşeşte greutatea clădirilor. Rezultatul a fost că în locul eventualei tasări, în unele sectoare ale caselor s-a produs o ridicare a lor (fig. 45).

Chiar şi în cazul cînd stratul umezit are o mărime neînsemnată (de 20—30 centimetri), mărirea volumului argilelor poate să provoace o ridicare a fundaţiilor la o înălţime de 3—5 centimetri, ceea ce este pe deplin suficient pentru fisurarea caselor. Trebuie să subliniem că o piedică însemnată pentru umflarea considerabilă este permeabilitatea extrem de redusă a argilelor montmorillonitice.

Studiind argilele „de ciocolată“ din regiunea oraşului Volgograd, oamenii de ştiinţă au constatat că îmbibarea lor duce la apariţia în masivul de roca a unor fisuri care contribuie la răspîndirea rapidă a apei în aceste argile.

O DISCUȚIE CARE DUREAZĂ DE 125 ANI

Avem în fața noastră o bucată de rocă de culoare galbenă-deschisă. Pe suprafața ei se reliefează pori rotunzi, mari, al căror diametru atinge 2—3 milimetri. Datorită mărimii lor apreciabile, ei au fost denumiți macropori (de la cuvîntul grecesc makros — mare).

Această rocă, la prima vedere puțin importantă, a stîrnit în rîndul geologilor o dispută vehementă care durează de mai bine de 125 de ani.

Roca și-a căpătat numirea în Germania. Aici, pe valea Rinului, populația din partea locului a denumit-o loess. Este posibil ca numele să-i fi provenit de la cuvîntul german löslich, care se traduce prin „solubil".

Într-adevăr, dacă punem în apă o mică bucată din această rocă, în cîteva zeci de secunde ea se va fărîmița în particule foarte fine.

Geologii au stabilit că loessul este larg răspîndit pe suprafața pămîntului ; el acoperă spații întinse de stepă în Europa, Asia și America. Loessul poate fi întîlnit și în Australia și Africa. În Uniunea Sovietică, loessul și rocile care vin în contact cu el ocupă peste 14% din suprafața continentală.

Bazîndu-se pe faptul că rocile de loess sînt dispuse chiar în partea superioară a scoarței terestre, și alcătuiesc suprafața pămîntului, oamenii de știință au tras concluzia că aceste roci sînt tinere, depozitele lor formîndu-se în epoca actuală.

Loessurile sînt de aceeași vîrstă cu omul. Timpul cînd s-au aglomerat ele a coincis cu antropogenul — perioada apariției și evoluției omului. Uneori această perioadă este numită și cuaternară.

Loessul are o mare importanță în economia națională a țării. Pe el se formează unul dintre cele mai fertile soluri ale pămîntului — cernoziomul (pămîntul negru). Loessul este de asemenea folosit pentru obținerea diferitelor materiale de construcție. Mulți nici nu bănuiesc probabil că cea mai bună cărămidă roșie se face din loessuri.

Pe terenurile de loess se construiesc case și uzine, drumuri și baraje. Din loess se durează multe construcții de pămînt: ramblee, diguri, baraje de pămînt. În complexele de loess se sapă canale și se construiesc lacuri de acumulare.

O mare importanță are studierea complexelor de loess pentru istorie, arheologie și antropologie. În stratul de loess sînt îngropate multe urme ale activității omului din antichitate.

Cum s-a format loessul? Pe ce căi s-au putut acumula complexe ale acestei roci cu o grosime de 100 de metri și chiar peste 100 de metri?

S-a văzut că nu este atît de simplu să răspunzi la aceste întrebări.

Discuția privitoare la originea loessului a apărut pentru prima oară la începutul secolului trecut. Cu timpul ea a luat proporții și a devenit o adevărată problemă a loessului.

În perioada celor 125 de ani au fost emise 23 de ipoteze. În anul 1920, savantul german Keilhack a venit cu ipoteza originii cosmice a loessului. Alți cercetători presupuneau o origine fie marină, fie fluvială, geizeriană, ori lacustră.

Cîteva din ipotezele propuse au căpătat o răspîndire mai largă. Dintre acestea face parte în primul rînd ipoteza eoliană, care a cîștigat numărul cel mai mare de adepți. Savanții „eolieniști" afirmă că loessul s-a acumulat prin acțiunea vîntului care a transportat și a depus praful. Dar de unde a apărut atîta praf?

Sursa lui principală în Europa a fost materialul lăsat în regiunile centrale și nordice de marii ghețari.

Cercetătorii au descoperit că o mare parte din teritoriul Europei a fost acoperit în cursul perioadei cuaternare (antropogene) nu mai puțin de trei ori de straturi groase de gheață. Acești ghețari uriași veneau spre sud din Scandinavia. Pe teritoriul Uniunii Sovietice ghețarii au ajuns pînă în văile Niprului și Donului. Ghețarii au lăsat în urma lor aglomerări imense de material detritic erodat din Munții Scandinaviei și apoi resedimentat de vînt.

O altă sursă de praf au fost deșerturile din Asia Centrală, Arabia, Gobi și altele.

Unul dintre cei mai perseverenți apărători ai ipotezei eoliene a fost marele geolog rus academicianul V. A. Obrucev. Pentru susținerea acestei ipoteze, el a scris zeci de lucrări.

În prezent ipoteza eoliană ocupă, ca și înainte, un loc principal în explicarea originii loessului.

Un alt mare om de știință sovietic, L. S. Berg, considera că loessul a apărut ca rezultat al proceselor de formare a solului pe rocile prăfoase de origine acvatică. Și această ipoteză a atras un număr mare de adepți. L. S. Berg își expune deosebit de amănunțit concepțiile sale despre originea loessului în cartea „Clima și viața".

Mulți oameni de știință, printre care specialistul în loess academicianul V. G. Bondarciuk și marele pedolog rus V. V. Dokuceaev, presupun că loessul este o formațiune acvatică. O parte din adepții acestui punct de vedere consideră că el a fost depus de apele care s-au format prin topirea ghețarilor străvechi. În fine, există oameni de știință care susțin că loessul este rezultatul aglomerării particulelor de praf, spălate de șuvoaiele de apă de ploaie de pe versanții dealurilor, cu alte cuvinte are o origine diluvială.

Discuția asupra originii loesului nu s-a terminat nici astăzi. Din ce în ce mai mulți oameni de știință ajung la concluzia că aceste roci se formează în natură pe căi diferite: aeriană, acvatică și diluvială.

Vă propun să facem următoarea experiență: să suspendăm într-un borcan umplut cu apă o sită de sîrmă cu ochiuri mai mari. Pe această sită punem un mic cub tăiat dintr-o bucată de loess. Vom vedea că numaidecît bucata de rocă se înconjoară cu o peliculă brună-cenușie. Din toate părțile încep repede să se ridice numeroase bășici de aer. O dată cu acestea se desprind unele granule și bucăți mici, parcă împinse din rocă de o forță invizibilă. Procesul se încheie după 10—40 de secunde, însoțit de dezagregarea totală a cubului. Rămîn doar suspensii în apă, care o tulbură ușor și un sediment din granule și fragmente de rocă pe fundul borcanului.

Această vertiginoasă dezagregare a loessului în apă este o particularitate caracteristică lui, dar importantă pentru constructor. În stare uscată, loessul din rîpe, gropi de fundație, cariere și alte săpături formează taluzuri absolut verticale. Încercați să le umectați. Veți vedea că imediat loessul începe să lunece, iar taluzurile vor căpăta o înclinare din ce în ce mai lină.

Dacă suprafața orizontală naturală a complexului de loess este un timp îndelungat umectată cu apă, se poate produce o tasare a ei. Această tasare în condițiile umezirii este rezultatul dezagregării și al apăsării ulterioare a rocii sub acțiunea propriei sale greutăți. În stepe, unde se întîlnesc depuneri de loess, se pot vedea deseori scufundări de teren naturale denumite farfurioare (fig. 46).

Complexele de loess tasabile, pe care sînt construite clădiri, devin primejdioase dacă le umectăm cu apă. În cazul cînd, în anumite împrejurări, se produce totuși o umectare a fundației de loess, atunci va apare inevitabil o îndesare a rocilor și o tasare suplimentară a clădirilor. Casele capătă fisuri, clădirile se înclină, iar uneori se prăbușesc cu totul.

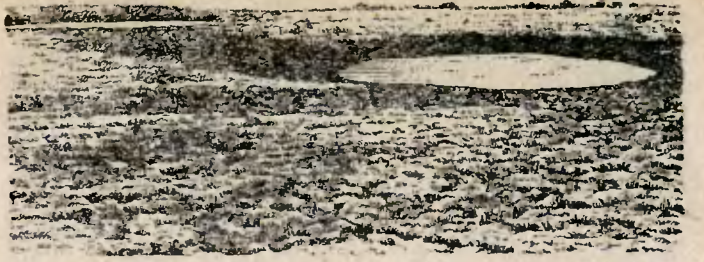


Fig. 46 — Tasarea suprafeței loessoide în Ergheni. În farfurioare s-a adunat apă de ploaie.

În istoria construcțiilor sînt cunoscute sute de cazuri de deteriorări, iar uneori chiar de prăbușiri ale clădirilor, provocate de tasarea rocilor loessoide.

Este cît se poate de clar că toate acestea i-au făcut pe geologi și constructori să se ocupe de studiul aprofundat al proprietăților loessurilor.

ÎNTÎMPLĂRI NEPLĂCUTE

În noul sistem de irigație din Alhanciurtovski începuse să curgă apa atît de mult așteptată. Importanta construcție pentru Caucazul de nord, prevăzută în primul plan cincinal, a fost terminată cu succes. Principalul canal al acestui sistem ducea apa dătătoare de viață din rîul Sunja în valea Alhanciurtovski, arsă de căldura toridă. Prin acest nou sistem se iriga un vast ținut secetos cuprins între crestele muntoase Terek și Sunja.

Apa curgea prin canal într-un șuvoi larg. Umplerea lui s-a efectuat fără grabă. Către sfîrșitul celei de-a doua săptămîni, în canalul principal apa se ridicase la înălțimea de un metru.

Pămînturile argiloase cu aspect de loess în care fusese construit canalul absorbeau apa cu aviditate. Părea că totul este în ordine. Pe neașteptate, însă, într-o serie de sectoare s-au observat fenomene stranii. Pe malurile canalului au început să apară crăpături care se lărgeau rapid. Cu fiecare zi mărimea crăpăturilor creștea tot mai mult. Pe suprafața loessului apăreau mereu noi crăpături. La sfîrșitul lunii multe din crăpături au atins o lățime de o jumătate de metru. Suprafața dintre crăpături a început să se prăbușească. Malurile canalului arătau ca niște trepte stricate. Cele mai adînci crăpături și cele mai mari tasări ale suprafeței s-au observat în imediata apropiere a canalului. Pe măsură ce te depărtai de canal, stricăciunile erau mai mici (fig. 47).

În două luni tasarea suprafeței a ajuns în unele sectoare ale canalului de 1,5 metri. În același timp, în alte sectoare situate în vecinătatea canalului totul era neschimbat, tasările lipseau.

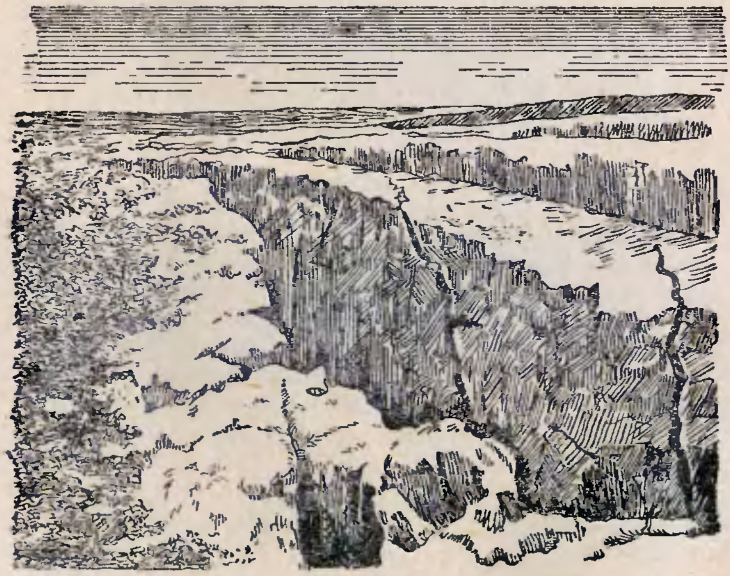


Fig. 47 — Fisuri datorite tasării de-a lungul canalelor.

Fenomene de tasare care apar la executarea canalelor, asemănătoare cu cele descrise mai sus, se observă destul de des. Ele sînt cunoscute nu numai în Caucazul de nord, ci şi în Asia Centrală, China, precum și în alte locuri unde trebuie să se sape canale în terenuri de loess tasabile.

Imaginea rezultată în caz de tasare a canalelor are în toate situaţiile un caracter asemănător.

Dezagregările nu apar totdeauna pe tot traseul amenajării, ci numai în anumite sectoare, a căror lungime măsoară în unele cazuri zeci de metri, iar în altele ajunge pînă la 1—1,5 kilometri. De o parte și de alta a canalului tasările se extind relativ puţin, în majoritatea cazurilor pe o distanţă de 10—30 metri. Numai uneori ele cuprind zone mai largi, pînă la 80—100 metri.

Prăbușirile și tasările, care apar la suprafaţă, măsoară în unele cazuri zeci de centimetri, iar în altele 1,5—2 și chiar 3 metri.

Fenomenele de tasare atrag după ele distrugeri importante ale amenajărilor realizate pentru deservirea canalelor : poduri, instalaţii de reglare etc.

În prezent, fenomenele de tasare la canale nu mai sînt atît de ameninţătoare pentru construcţii. Datorită muncii perseverente a oamenilor de știinţă și a practicienilor, astăzi se pot descoperi sectoarele tasabile primejdioase, se poate lichida tasabilitatea rocilor loessoide.

Neplăceri la fel de mari produc constructorilor tasările caselor de locuit, construcţiilor industriale și amenajărilor. În cele ce urmează vom istorisi ce s-a întîmplat cu două furnale.

Furnalul modern este o „amenajare“ extrem de complicată. În afară de cuptorul înalt propriu-zis, în componenţa lui intră instalaţiile pentru preîncălzirea aerului, care poartă denumirea de cowpere, coșurile înalte de fum și alte construcţii.

Lucrările de construcţie s-au făcut în cadrul unui complex, ambele cuptoare executîndu-se în același timp. Terenul care a servit drept fundaţie a fost alcătuit din loessuri tasabile.

Furnalul nr. 1 a fost pus în funcțiune. Încă din timpul construcției s-au constatat tasări suplimentare neuniforme ale coșului de fum și ale cowperelor.

Unul dintre specialiștii sovietici în domeniul construcțiilor pe loessuri, I. M. Abelev, a cercetat deformațiile apărute și a stabilit proveniența lor legată de tasare. Cercetările minuțioase întreprinse au scos la iveală faptul că tasările se datorau infiltrării apei în terenul de loessuri, dintr-o fîntînă situată la o distanță de 50 metri de aceste construcții.

Între timp s-a observat că furnalul însuși se supune unei tasări, a cărei mărime variază cu timpul. Constructorii au început să caute cauza acestei tasări. Căutările perseverente întreprinse pentru a găsi infiltrația apei nu au dat nici un rezultat. Cineva a avut ideea de a pune în corelație perioadele de intensificare și de atenuare a tasării cu graficul meteorologic al precipitațiilor atmosferice. Imediat s-a descoperit că atunci cînd plouă tasarea crește. Pe timp uscat aproape că nu se constată vreo tasare. În felul acesta s-a stabilit cauza deformațiilor furnalului. Numaidecît au fost luate toate măsurile pentru abaterea apei de ploaie cît mai departe de furnal. Au fost astupate toate gropile și tranșeele. Rezultatul nu s-a lăsat așteptat. Tasarea cuptorului înalt a încetat.

Furnalul a început să lucreze. Atunci s-a descoperit din nou o tasare intensă a lui, care atingea 6 milimetri pe zi.

Cercetările s-au reluat. Tasarea furnalului creștea mereu. Furnalul era amenințat de o avarie.

În sfîrșit, cauza a fost găsită. Ea se află în conductele care furnizau apa necesară furnalului. O scurgere din conducte a provocat umezirea și apoi tasarea loessului de sub fundație. Mărimea totală a scufundării furnalului în teren a fost de un metru.

În linii generale, același lucru s-a întîmplat și cu furnalul nr. 2. Și aici „călcîiul lui Ahile“ s-a aflat în sistemul conductelor de apă.

Trebuie spus, spre cinstea constructorilor și a metalurgiștilor, că, netinînd seama de marile tasări ale furnalelor, cowperelor şi coşurilor de fum, ei au izbutit să asigure funcţionarea lor continuă. Furnalele au dat fără întrerupere ţării metal de calitate superioară.

Iată încă un exemplu interesant. Cu cîţiva ani înainte de Marele Război pentru Apărarea Patriei a fost dată în exploatare o centrală electrică construită pe un teren tasabil constituit din loess. Primele deformaţii au fost observate în anul 1938, dar ele nu au provocat neliniște prea mare. Cu scurgerea timpului, însă, tasările au crescut. În 22 de ani ele ba creșteau, ba se micșorau. În acest interval unele părţi ale clădirii centrale au reușit să se scufunde cu un metru.

Cauzele umectării fundaţiilor de loess au fost mai multe: curgeau conductele, apăreau revărsări de apă în canalele de evacuare hidraulică a cenușei, apa de ploaie se infiltra în teren.

Clădirea centrală fusese astfel construită, încît toată apa de ploaie trebuia să se scurgă cît mai departe de clădire. Dar tasarea generală a suprafeţei a făcut ca întreaga clădire a centralei electrice să stea ca într-o groapă. Toată apa de pe teritoriul învecinat se scurgea spre ea în timpul ploii.

Centrala a căpătat din această cauză o înfăţișare puţin atrăgătoare. Tabloul pe care îl oferea ea nu era dintre cele mai plăcute: coloane răsucite, paserele înclinate, pereţi sfărîmaţi, cu numeroase crăpături, conducte înclinate.

Constructorii au efectuat o muncă de proporţii mari, consolidînd pereţii și coloanele, îndreptînd paserelele și lichidînd pierderile la conductele de apă. Astăzi centrala electrică și-a recăpătat înfăţișarea îngrijită și plăcută de la început.

Am putea prelungi istorisirea cu privire la deformaţiile de tasare ale clădirilor și construcţiilor. Se pot găsi multe exemple de tasări și la Rostov-pe-Don, la Odesa, la Groznîi și în multe alte orașe. Lista aceasta ar putea fi extinsă dacă am cita și exemple din alte ţări.

La o uzină chimică construită pe un teren alcătuit din loess s-a produs într-o zi un fenomen la prima vedere straniu. Pe neaşteptate s-a constatat o surpare de teren. A apărut o groapă adîncă de 4—5 metri, cu o suprafaţă de cîţiva zeci de metri pătraţi. Surparea a cuprins o linie ferată. Şinele şi traversele au rămas suspendate deasupra gropii. Din fericire, surparea s-a produs în timpul nopţii, cînd circulaţia era oprită pe ramificaţie, şi datorită acestui fapt ea n-a avut consecinţe grave.

Aflarea cauzei acestui accident n-a cerut multă bătaie de cap. S-a constatat curînd că surparea a fost provocată de o scurgere de la conducta de apă sub presiune. Puternicul curent de apă de la îmbinările neetanşe ale tronsoanelor de ţevi a spălat şi a dezagregat rapid masivul de loess din jurul lor. Granulele mărunte formate au fost transportate o dată cu şuvoiul de apă, de-a lungul conductei, prin umplutura insuficient de densă a terenului şi prin canalele mici formate în ea.

Procesul de destrămare a loessului se desfăşura zi de zi. S-a format un mare gol orientat de-a lungul conductei. În sfîrşit, a venit momentul cînd acoperişul acestui gol nu a mai rezistat şi s-a surpat.

Fenomenul de erodare şi evacuare a particulelor de rocă în loessuri este absolut analog cu procesul de sufoziune din nisipuri, descris în prima parte a cărţii. Rocile loessoide se supun tot atît de uşor sufoziunii mecanice şi chimice ca şi nisipurile curgătoare.

Cercetările au arătat că formarea golurilor în loessuri în condiţiile scurgerilor de apă din conducte şi surparea de teren legată de aceasta sînt un fenomen destul de răspîndit.

Dacă locuiţi în oraşele din zona cu loessuri, observaţi surpările care se întîlnesc la conductele de apă şi la puţurile de vizitare, precum şi la sectoarele de pămînt din jurul lor. Sînt rezultatul aceluiaşi proces.

DE CE AU LOC TASĂRI ÎN LOESSURI?

Loessurile au porozitate foarte mare, atingînd 55—64%. Aceasta este o dovadă a posibilității lor de a se compactiza mult.

De ce însă roca stabilă în stare uscată este aproape într-o clipă dezagregată de apă?

Mulți oameni de știință și ingineri au căutat stăruitor o justificare a acestui fenomen. La început, dezagregarea structurii loessului de către apă era explicată prin acțiunea bășicuțelor de aer, care prin umectarea terenului ieșeau din loess. Verificîndu-se însă acest lucru, s-a constatat că eliminarea vertiginoasă a aerului este numai efectul și nu cauza procesului. Cauza a fost căutată și în faptul că granulele rocii sînt cimentate de săruri solubile în apă. Sub acțiunea apei infiltrate în teren, sărurile se dizolvă și granulele își pierd legătura dintre ele. Pentru demonstrarea acestei ipoteze s-au făcut sute de analize chimice ale loessului. S-a lămurit că dezagregarea structurii provocată de dizolvarea sărurilor solubile în apă care cimentează particulele loessului are loc, dar rolul ei este neînsemnat.

Unii cercetători vedeau cauza tasărilor în umflarea macroporilor (fig. 48), care se produce datorită acțiunii apei. Ei erau de părere că tocmai această umflare duce la compactizarea rocii loessoide.

Sovieticul N. I. Denisov, care a depus multe eforturi pentru studierea loessurilor, a stabilit că tasarea apare ca rezultat al compactării lor naturale incomplete și al capacității lor de peptizare, determinată de condițiile speciale de formare a rocilor. Cauza compactizării incomplete rezidă în faptul că roca are o porozitate mai mare decît ar fi trebuit să aibă în condițiile presiunii existente în masiv. Prin infiltrarea apei, în jurul particulelor se formează pelicule de apă care desfac particulele (le despică, cum se mai spune) și creează condiții pentru compactizarea suplimentară a rocii.

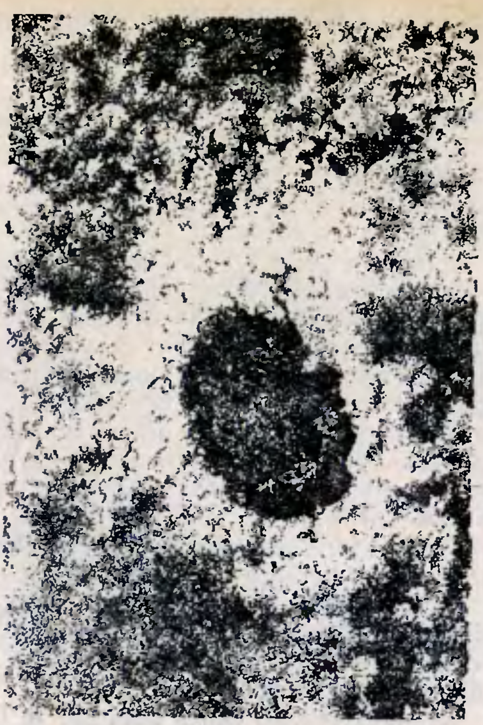


Fig. 48 — Macropor în loessuri.

Aceste teze din lucrările oamenilor de știință sovietici au căpătat în ultimii ani o dezvoltare continuă. Astăzi se poate spune că tasarea apare ca rezultat al acțiunii comune a unor factori externi și interni.

Dintre factorii externi fac parte : infiltrarea apei și efectul presiunii. Dintre cei interni — porozitatea înaltă și rezistența mică la apă a agregatelor de particule care alcătuiesc pereții porilor.

Un rol deosebit în dezagregarea loessului revine fenomenelor coloidale. Explicația constă în faptul că principalele elemente structurale ale loessului sînt agregate de granule prăfoase și nisipoase. O mare parte din acestea sînt legate între ele prin particule minerale coloidal-disperse. Pătrunzînd în rocă, apa le dezagreghează și le trece într-o soluție coloidală. Această trecere a particulelor coloidale dure în soluție a fost numită de oamenii de știință peptizare (de la cuvîntul grecesc *peptos* — a digera).

Peptizarea este una din cauzele principale ale dezagregării. Unele granule mici prăfoase și nisipoase formate se deplasează și umplu porii, și în felul acesta creează condiții pentru compactizarea mecanică a loessului.

Dacă examinăm suprafața rocii cu o lupă puternică. vom vedea că granulele prăfoase și nisipoase parcă „plutesc" în masa generală coloidal-dispersă extrem de fină (fig. 49). Este lesne de înțeles ce se va întîmpla cu roca atunci cînd toată această parte fină se peptizează.

Afară de peptizare, asupra procesului de tasare a loessurilor se exercită influența dizolvării sărurilor

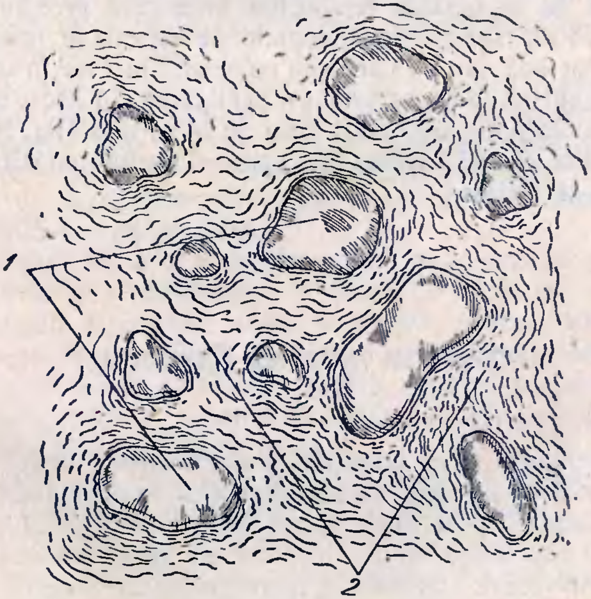


Fig. 49 — Granulele mari (1) din loessuri sînt înconjurate de o substanță argiloasă (2).

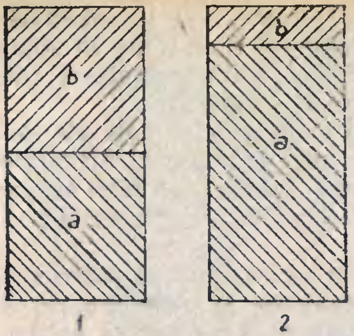


Fig. 50 — Conținutul de agregate rezistente la apă (a) și nerezistente (b) în loessuri tasabile (1) și netasabile (2).

care cimentează particulele. O importanță destul de mare are presiunea osmotică, presiune ce apare ca o consecință a concentrației diferite a sărurilor dizolvate în apa care circulă prin pori și în peliculele din jurul granulelor. Influența acestui factor este deocamdată insuficient studiată, dar rolul lui mare în dezvoltarea tasării este incontestabil.

Totuși, nu toate loessurile au capacitatea de a se tasa. În compoziția terenurilor netasabile predomină de obicei agregatele cimentate de substanțe insolubile în apă sau de particule coloidale, la care în condiții obișnuite nu se produce peptizarea. În acest caz, în pofida porozității mari, roca nu se va tasa (fig. 50). In alte cazuri tasarea nu apare datorită porozității mici a rocilor.

POATE FI INVINSĂ TASAREA?

Închipuiți-vă că intenționați să construiți o casă pe pe un teren loessoid. Ce vă interesează în primul rînd? Bineînțeles, problema: aceste loessuri sînt tasabile? Dacă răspunsul va fi afirmativ, se naște imediat o altă întrebare: cît este de mare gradul de tasare? In ce măsură se pot compactiza loessurile în caz de umectare?

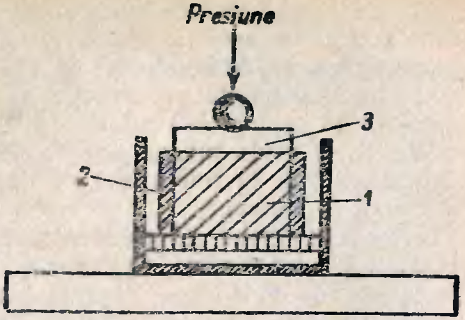


Fig. 51 — Schema determinării gradului de tasare a loessului: *1* — proba, *2* — inel de bronz, *3* — piston.

Oamenii de știință au căutat mult timp răspunsurile la aceste întrebări ale constructorilor. În cele din urmă s-a constatat că un mic cub din loess, tăiat în așa fel încît să nu i se distrugă structura naturală, poate să dea informații prețioase în legătură cu aceasta.

În laboratoarele de geologie tehnică, dintr-un asemenea cub se taie un mic cilindru care se pune într-un inel de bronz (fig. 51).

Cu ajutorul unui piston mic se aplică o presiune asupra probei tăiate. Mărimea sarcinii se determină în funcție de presiunea viitoarei case (de obicei aceasta variază de la 1,5 la 3 kg/cm^2). Cînd micul cilindru de loess încetează a se comprima sub această sarcină el este umectat.

Observăm că această experiență amintește de procesul care se desfășoară în condițiile reale ale construcțiilor. Umectînd proba, se urmărește modificarea dimensiunilor ei. Dacă roca este foarte tasabilă, umectarea provoacă o reducere bruscă a înălțimii probei. Dacă ea nu este tasabilă, atunci grosimea cilindrului rămîne aproape neschimbată.

Acum știm cum se stabilește gradul de tasare. Ce este de făcut în cazul cînd loessul se dovedește foarte tasabil? Poate că ar trebui să căutăm un alt loc pentru construcție? Dar de cele mai dese ori lucrul acesta este cu neputință de realizat. Ce trebuie făcut în acest caz? În primul rînd ne vom gîndi la protecția fundației loessoide împotriva umectării.

In acest scop se asfaltează sectoarele de lîngă clădire, scurgerea apei de ploaie se deviază cît mai departe de ea, țevile conductei de apă și de canalizare de pe amplasamentul construcției se închid în tuneluri speciale, și se mai iau multe alte măsuri preventive. Totuși, în ciuda tuturor șiretlicurilor, apa ajunge în cele din urmă la fundația loessoidă, și construcțiile încep să se taseze.

Aceasta a impus căi noi pentru lichidarea totală a tasabilității loessurilor. Cercetările ultime au fost încununate de-un succes deplin. Geologia tehnică a izbutit să ofere constructorilor mijloace de luptă suficient de sigure împotriva tasărilor.

„SPADA DE FOC“

In mitologia greacă există legenda faptei eroice a fabulosului titan Prometeu. Impotriva voinței lui Zeus, care conducea lumea, el a răpit din Olimp focul și l-a dat oamenilor. Pentru această faptă Zeus l-a pedepsit cu cruzime. El a poruncit ca Prometeu să fie legat în lanțuri de o stîncă înaltă. In pieptul lui Prometeu a fost împlîntată o suliță de oțel care l-a țintuit de stîncă. Eroul îndura chinuri groaznice: ba îl ardeau razele soarelui, ba îl îngheța frigul cumplit. In fiecare zi venea un vultur uriaș, fîlfîind din aripile-i puternice, și sfîșia cu ghearele ascuțite eroul ferecat.

Fantezia grecilor antici a reflectat în felul acesta calea grea pe care a străbătut-o omul înainte de a izbuti să-și supună focul. De multe veacuri focul se află în slujba omului. El îi încălzește locuința, îl ajută la gătirea mîncării, la topitul metalului. Fără foc societatea modernă n-ar fi existat.

De ce nu ne-am adresa prietenului omului — „spadei de foc", pentru a veni de hac tasării loessurilor? De ce să nu folosim focul pentru arderea terenurilor de fundaţie loessoide, aşa cum se procedează în producţia cărămizii obişnuite din loess?

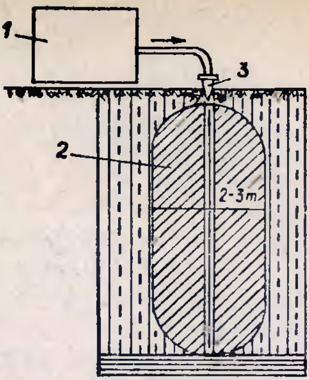


Fig. 52 — Schema consolidării termice a loessurilor: 1 — instalaţie termică, 2 — zona arderii, 3 — injector.

Această idee a fost folosită pentru prima oară în anul 1938, de oamenii de ştiinţă sovietici N. A. Ostapov şi A. A. Storojenko. Ei au încălzit aerul într-un aparat special pînă la 700—800° şi l-au introdus într-o sondă. Loessul a fost adus într-o stare asemănătoare cu cea a cărămizii, devenind foarte stabil şi netasabil.

Mai tîrziu, în anul 1947, acest procedeu a fost mult perfecţionat de A. F. Beleakov, I. M. Litvinov şi P. I. Cerkasov. Ei au început să ardă roca cu ajutorul unei făclii de foc care arde direct în sondă. Combustibilul (lichid sau gazos) se introduce în sondă, unde, trecînd printr-un dispozitiv special — injector, este pulverizat şi arde (fig. 52).

Este destul ca o astfel de făclie să ardă 5—10 zile, pentru a se asigura pietrificarea unui sector cu diametrul de 2,5 metri şi adîncimea de 10 metri şi chiar mai mult.

Astfel de loessuri arse nu se mai înmoaie. Stabilitatea rocii creşte mult. Ea poate să suporte o sarcină de 100—1 000 de tone pe metru pătrat.

Este interesant că în condiţiile arderii se păstrează porozitatea şi permeabilitatea înaltă a rocilor.

Această metodă găseşte o aplicare din ce în ce mai mare în construcţii.

ALTE MIJLOACE DE LUPTĂ ÎMPOTRIVA TASĂRILOR

Mulţi au auzit despre clădirea remarcabilă a Teatrului de Operă din Odesa, dar puţini ştiu că teatrul a fost durat pe un teren alcătuit din loessuri tasabile.

Au trecut furtunile revoluţionare, s-a stins ecoul luptelor Marelui Război pentru Apărarea Patriei, dar teatrul, care a cunoscut, ca şi oamenii, multe adversităţi, a rezistat la toate. La un moment dat însă caracterul tasabil al terenului pe care a fost zidit teatrul devenise ameninţător. Numeroasele stricăciuni la conductele de apă şi canalizare, distrugerea burlanelor — toate acestea au dus la o umezire a fundaţiei şi la apariţia unor deformaţii neuniforme. Au apărut crăpături largi şi o înclinare a coloanelor şi a pereţilor. Teatrul era ameninţat de avarii serioase. Au venit în ajutor oamenii de ştiinţă şi inginerii. S-a luat hotărîrea de a se întări urgent fundaţia şi a stăvili dezvoltarea continuă a tasărilor. Din multele soluţii propuse pentru rezolvarea problemei, a fost aleasă silicatizarea terenului constituit din loessuri pe tot perimetrul teatrului.

Am mai vorbit despre silicatizarea nisipului. Vom aminti doar că în timpul silicatizării în nisip se toarnă sticlă solubilă, iar apoi clorură de calciu, care îl transformă în piatră.

Metoda silicatizării loessurilor, elaborată de savantul sovietic V. V. Askalonov, a fost numită metoda dizolvării cu o singură soluţie. Explicaţia constă în faptul că după injectarea în loess a soluţiei de sticlă solubilă nu mai este nevoie să se introducă alte substanţe. Tot ce este necesar se găseşte în terenul propriu-zis.

În 30 de zile, sub acţiunea sărurilor cuprinse în loessuri, silicatul de sodiu se solidifică şi întăreşte roca. Ea devine tare, netasabilă şi rezistentă la apă. Această metodă a fost aplicată pentru consolidarea fundaţiei Teatrului de la Odesa.

In urma silicatizării, tasările fundației și deformațiile clădirii teatrului au încetat.

Gîndirea omului caută neostenit noi și noi căi pentru înlăturarea tasărilor.

S-a încercat a se provoca o tasare artificială înainte de construirea edificiilor. Pentru aceasta, sectorul ales pentru construcție a fost supus unei îndelungate umectări prealabile. După un anumit timp s-a trecut la durarea construcției. S-a constatat că această metodă poate da în multe cazuri rezultate bune.

Dar ce-ar fi să se reducă porozitatea loessului prin compactizare? La început nu s-a obținut nici un succes. Mai tîrziu s-a constatat că compactizarea executată prin bătătoare grele dă rezultate bune. Bătătoarele sînt trunchiuri de con de beton armat cu o greutate de la 1,5 la 4,5 tone (fig. 53). Un astfel de trunchi de con este aruncat în jos de la o înălțime de 4 metri. Sub loviturile lui puternice loessul se poate îndesa la o adîncime care ajunge pînă la 2 metri. După bătătorire, în acest strat de teren tasarea fie că dispare cu totul, fie că devine neînsemnată.

In felul acesta oamenii de știință și practicienii au rezolvat problema grea a luptei împotriva tasărilor.

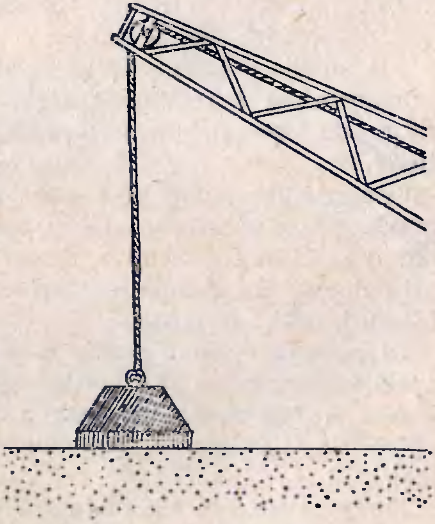


Fig. 53 — Bătător greu.

Un soare arzător, necruţător, pămînt ars, crăpat, pustietate — aşa arăta în trecut cumplita Stepă Flămîndă. Dar iată că la putere a venit poporul muncitor. Conduşi de partidul leninist şi de guvern, oamenii sovietici au pornit lupta pentru reconstrucţia socialistă a ţării. A început bătălia împotriva secetei mistuitoare din Stepa Flămîndă. Chiar din primii ani de după războiul civil a început construirea unor sisteme de irigaţie, care aveau drept scop să aducă apă în pămînturile pustii.

Munca omului a schimbat faţa Stepei Flămînde. Mii de canale o străbat acum în toate direcţiile. Rînduri drepte de pomi fructiferi şi zone de protecţie a cîmpurilor bucură ochiul. Stepa Flămîndă este acum o grădină cu zeci de mii de hectare cu plantaţii de bumbac şi livezi, în locul unor întinderi lipsite de viaţă; pe locul pustietăţii de odinioară au apărut sute de aşezări, sate şi oraşe.

În cursul actualului plan septenal s-a prevăzut transformarea întregului teritoriu într-un ţinut înfloritor. Din trecutul lui nu va rămîne decît denumirea-i tristă.

Geologii au stabilit că o mare parte a Stepei Flămînde este o străveche vale a marelui rîu Sîr-Daria din Asia Centrală. Cîndva, demult, acest rîu a adus şi a depus aici complexe mari de argile nisipoase, loessuri, argile şi nisipuri.

În această regiune pustie există sectoare în care apele subterane se află foarte aproape de suprafaţă. Totuşi, în cea mai mare parte a Stepei Flămînde ca să obţii apă trebuie să sapi fîntîni adînci de sute de metri.

Pentru a trezi la viaţă Stepa Flămîndă, pe întinderile ei se aduce apa prin canale cu o lungime totală de peste 3 000 de kilometri. Primele canale au fost construite manual de săpători de pămînt, cărora le-au luat locul mai tîrziu mașinile.

Oamenii sovietici au depus o muncă de mari proporții pentru crearea sistemului de irigație. În procesul acestor lucrări, hodrotehnicienii au învățat multe. Au existat și unele greșeli. A fost nevoie să se înfrîngă multe obstacole care se ridicau în calea constructorilor.

În construcția unuia din canalele principale pe terasa rîului, constructorii s-au decis să recurgă la ajutorul unei explozii. În acest scop de-a lungul traseului viitorului canal au fost așezate substanțe explozive. În mod obișnuit, prin explozie masele de pămînt sînt aruncate în părți și canalul este în linii mari gata. Este o metodă bună. În felul acesta nu numai că se reduc durata construcției și cheltuielile de muncă, dar se și îndeasă pereții canalului, care devin mai stabili și impermeabili. Avantajele indiscutabile au făcut ca această metodă să capete o largă aplicare în construcția canalelor.

În cazul pe care vi-l istorisim, pe constructori îi aștepta o surpriză neplăcută.

Toate calculele fuseseră executate, substanțele explozive instalate și, într-o zi, s-a produs explozia.

Dar ce s-a întîmplat ? După ce praful exploziei s-a risipit, pe locul viitorului canal a rămas o fîșie lungă de mlaștină.

De ce s-a petrecut acest lucru? Doar în același sector au fost construite manual mai multe canale. Explicația a constat în faptul că aici canalul trebuia să treacă prin roci loessoide argiloase saturate cu apă. După cum s-a stabilit mai tîrziu, acest teren s-a dovedit a fi intens tixotrop. Zdruncinarea energică a lui, datorită exploziei, a provocat o trecere rapidă a terenului într-o soluție coloidală lichidă — sol, care a și inundat adîncitura formată.

După ce-au trecut cîteva zile, această masă lichidă s-a întărit, iar deasupra ei s-a format un mic strat de apă. Ştim deja că această întărire este legată de restabilirea stării de gel a terenului.

O ÎNCURCĂTURĂ CU FOLOS

Cazul descris mai sus, privind construcţia canalului din Stepa Flămîndă, nu este o excepţie. Exploziile în terenuri predispuse la schimbări tixotrope au dus nu o dată în trecut la rezultate triste.

Asemenea fenomene au fost observate la construcţia canalelor şi în Stepa Muganskaia (R.S.S. Azerbaidjană), în Caucazul de nord şi într-o serie de alte locuri.

Constructorii aveau, fireşte, multe probleme. Printre altele, ei trebuiau să rezolve şi problema : la ce grad de umezire devin tixotrope terenurile argiloase loessoide ? Şi, esenţialul — se pot oare în general folosi exploziile pentru construirea canalelor pe aceste terenuri ?

Oamenii de ştiinţă au studiat minuţios acest fenomen şi au constatat că fluidificarea şi alunecarea canalelor apar numai în terenurile alcătuite din loess, a căror umiditate depăşeşte 25—27%.

Continuîndu-şi cercetările, ei au răspuns pozitiv la cea de-a doua întrebare : după ce terenul se întăreşte, este necesar să se efectueze o a doua explozie. Această explozie formează un canal bun. Canalele construite cu ajutorul exploziei pe asemenea terenuri sînt mai rezistente şi au o viaţă mai lungă.

Ce s-a întîmplat cu terenul ? De ce s-au schimbat atît de mult proprietăţile lui ?

Răspunsul nu e greu de găsit. După prima explozie o parte mare a apei a fost îndepărtată, şi umezeala

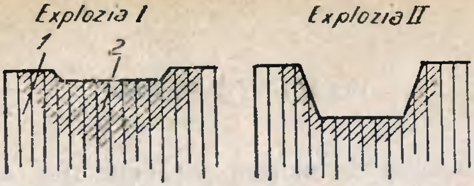


Fig. 54 — Construcţia succesivă a canalului prin metoda exploziei:
1 — roci loessoide saturate cu apă, *2* — teren lichefiat şi compactat de explozie

rocii consolidate a doua oară a devenit mai mică decît este necesar pentru apariţia tixotropiei. Afară de asta, terenurile înconjurătoare s-au îndesat atît de mult prin explozie, încît o afluenţă de apă a devenit practic imposibilă.

Constructorii procedează acum tocmai în acest fel. Ei efectuează în aceste terenuri două explozii (fig. 54): prima — cu o cantitate mică de substanţă explozivă, pentru a provoca numai o lichefiere a terenului; a doua, mai temeinică, pentru a obţine canalul sau groapa de fundaţie necesară. Intervalul de timp între prima şi a doua explozie se determină pe cale experimentală. De obicei el este de 2—3 luni.

S-a observat că după explozie în aceste terenuri pereţii canalului se păstrează în bună stare timp de mulţi ani. Dacă însă canalul a fost săpat cu ajutorul maşinilor, atunci chiar din primii ani de funcţionare a lui apar continuu alunecări ale pereţilor şi, din acest motiv, înainte de săparea cu maşinile a terenurilor primejdioase din punctul de vedere tixotrop, este necesar să se facă o explozie cu o cantitate mică de substanţă explozivă.

După aceasta, canalul săpat cu maşini capătă o stabilitate tot atît de mare ca şi un canal construit numai cu ajutorul exploziilor.

Incheiem scurta noastră istorioară cu zicala inteligentă a poporului chinez: „Fiecare nereuşită ne face mai înţelepţi".

MOALE CA PERNA

În domeniul terenurilor întîlnim roci alcătuite aproape în întregime nu din particule minerale, ci din resturi de plante. Cunoaşteţi desigur denumirea lor, este vorba de turbe.

Turba ne este binecunoscută în calitate de combustibil. Este o rocă uscată, de culoare brună, destul de compactă. Dacă însă încercăm să păşim într-o turbărie, primul lucru care ne va surprinde va fi compresibilitatea ei neobişnuită. Vom avea impresia că mergem pe nişte perne de puf. La fiecare pas suprafaţa turbei se va comprima uşor sub picioare, scoţînd la iveală apa. Uneori turba apare ca o masă în formă de terci. Nu e indicat să păşim pe ea, pentru că putem pur şi simplu să ne înecăm în această masă brună, neplăcută, lichefiată.

Pe terenurile cu turbă este nevoie deseori să se construiască baraje, drumuri şi diferite construcţii.

Să examinăm mai îndeaproape această rocă interesantă. Chiar şi cu ochiul liber se poate vedea că turba constă din resturile diferitelor plante. Se descoperă aici frunze, crengi, resturi de rădăcini, diferiţi muşchi şi chiar resturi de trunchiuri de copaci. Toate sînt împletite într-o reţea complexă. O parte din aceste resturi s-au descompus şi au format o masă lichidă, grasă, în formă de terci, iar o altă parte şi-au păstrat încă formele iniţiale.

În funcţie de timpul cînd s-au format, de condiţiile de existenţă şi de compoziţia resturilor vegetale, turbele se împart într-o serie întreagă de varietăţi. De exemplu, turba în formă de terci, intens descompusă, se numeşte turbă de baltă, turba descompusă mai puţin — turbă fibroasă etc. Turba are o extraordinară capacitate absorbantă. Un kilogram de turbă poate să absoarbă 3—7 kilograme de apă, iar turba constituită din muşchi — chiar 10 kilograme.

In condiții naturale, turba conține 70—95% apă. Ea cedează apa aproape tot atît de greu ca și rocile argiloase. Această însușire îngreuiază mult secarea turbăriilor.

Este surprinzătoare schimbarea de volum a terenului de turbă prin uscare. El se micșorează de 7—10 ori. Secînd turbăriile, constructorii trebuie să țină seama că suprafața lor se poate lăsa cu 1—2 și chiar mai mulți metri. Construcțiile executate pe un asemenea sector sînt amenințate să rămînă suspendate în aer, așa cum se vede în figura 55.

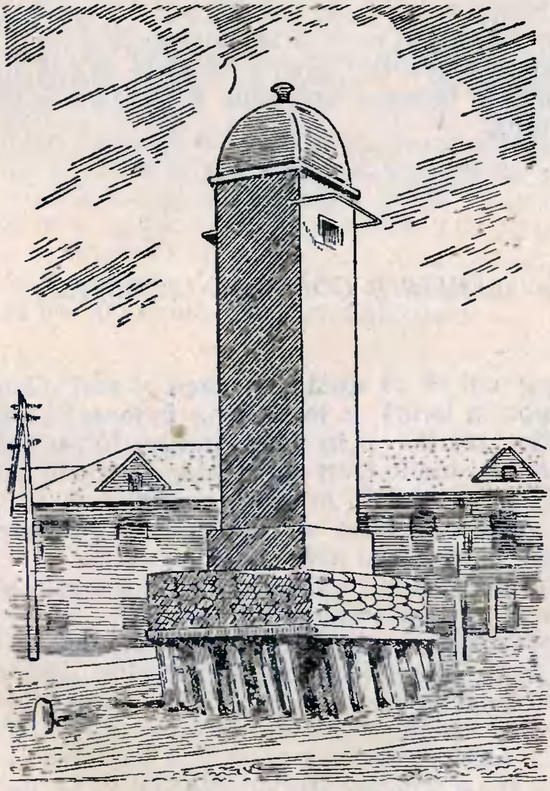


Fig. 55 — Denudația fundației pe piloți în urma secării unui masiv de turbă (după cartea lui N. N. Maslov).

Cea mai periculoasă particularitate a turbei este capacitatea ei de a se comprima sub greutatea rambleelor, barajelor, imobilelor şi a altor construcţii.

Dacă pe turbă se fac anumite ramblee sau baraje, ele vor provoca o tasare mare. În cazul unui strat de turbă gros de peste 7—8 metri, un astfel de rambleu se scufundă de regulă pînă la terenul tare. De pildă, la construirea unui rambleu de trei metri pe o turbărie din Bielorusia, aceasta s-a cufundat în teren cu 10 metri.

Construcţia unor clădiri pe mlaştinile turbifere este întotdeauna o problemă complicată. În aceste cazuri este nevoie să se recurgă la ajutorul piloţilor, la umplerea unor „saltele“ groase de nisip sau la metode speciale de îndesare artificială a terenului constituit din turbă.

TERENUL COMPLET LICHEFIAT

Imaginaţi-vă că există un teren şi mai diluat decît turba în formă de terci. El se formează pe fundul lacurilor, mărilor şi în văile rîurilor. Într-o apă stătătoare sau foarte încet curgătoare granulele mărunte de nisip, particulele prăfoase şi argiloase se depun încet pe fund. Treptat se acumulează o rocă poroasă, afînată, îmbibată cu apă, şi anume mîlul.

În compoziţia ei, în afara particulelor minerale mici, poate să intre şi o substanţă organică.

Proprietăţile terenurilor mîloase sînt cît se poate de nefavorabile pentru constructor. Ele curg ca un lichid. Umiditatea lor atinge 100—200%. Un strat de mîl de un metru se poate îndesa cu 15—20 centimetri. Dacă se iveşte însă prilejul de a ieşi în părţi de sub talpa unei clădiri, atunci mîlul se va folosi de această posibilitate, şi construcţia va începe să se afunde în pămînt.

Capacitatea mîlului de a se scurge de sub o povară este folosită pe scară largă de constructori. De pildă, în timpul construirii unui baraj în valea rîului Marele Manîci au fost descoperite straturi groase de mîl diluat.

Constructorii şi-au bătut capul mult timp cum să construiască în acest caz. Au hotărît să evacueze prin presiune mîlul de sub baraj în părţi. La început au executat o umplutură în centru care a tăiat mîlul în două, pe urmă au început s-o lărgească, împingînd încetul cu încetul în părţi terenul diluat. În felul acesta au izbutit să stoarcă mîlul de sub baraj, săpînd fundaţia acestuia pe un strat nisipos rezistent.

Metoda evacuării prin presiune a mîlurilor diluate a căpătat o largă răspîndire în practica construcţiilor.

Greutăţi deosebit de mari prezintă construcţia instalaţiilor portuare în sectoarele de lîngă ţărmul mării, unde se întîlnesc aglomerări mari de mîl. Şi în aceste condiţii însă s-a găsit o soluţie. Oamenii de ştiinţă au propus ca în prealabil pe mîlul din mare să se toarne cantităţi însemnate de nisip. Pe astfel de saltele de nisip se pot dura chiar şi construcţii grele.

PĂMÎNTUL SE CUTREMURĂ

OBSERVAŢII ŞI FAPTE

120 DE CUTREMURE PE ORĂ

V-aţi gîndit vreodată că suprafaţa dură a pămîntului se zguduie mereu? Oamenii de ştiinţă au descoperit că în timpul unui an au loc peste un milion de zguduiri ale suprafeţei terestre. Aceasta înseamnă 120 de zguduiri pe oră. Noi nu sesizăm cea mai mare parte a lor, întrucît numai o mică parte pot să ajungă la o intensitate perceptibilă. Zguduirile vizibile ale suprafeţei pămîntului le percepem ca pe nişte cutremure de pămînt. În medie omul sesizează aproximativ 100 000 de cutremure pe an. Numai o sută şi ceva de cutremure de pămînt sînt distrugătoare. În figura 56 se arată cîte cutremure de pămînt cu forţă distructivă diferită se produc în medie într-un an.

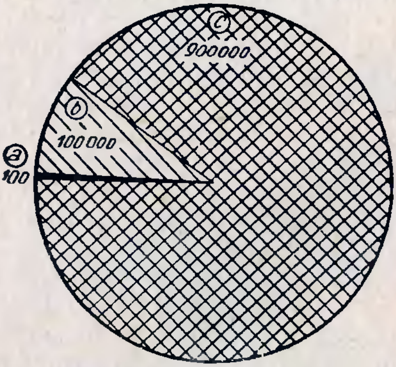


Fig. 56 — Numărul anual de cutremure de diferite forţe distructive: *a* — catastrofale, *b* — potrivite, *c* — cutremure de pămînt slabe şi imperceptibile.

În timpul unui cutremur de pămînt, sub acţiunea şocurilor subterane particulele de teren încep să oscileze. Dacă oscilațiile lor nu depășesc sutimi de milimetru, ele nu sînt observate de om. Aceste cutremure imperceptibile sînt constatate și înregistrate numai de aparate speciale de o înaltă sensibilitate.

În marile cutremure de pămînt, mișcarea particulelor de teren devine atît de mare, încît omul nu poate să stea în picioare. Măsurarea amplitudinii deplasărilor rapide ale particulelor scoarței în timpul cutremurului din anul 1894, din Japonia, a permis să se constate că oscilațiile granulelor de roci în sens vertical au atins 10 centimetri, iar pe orizontală 35 de centimetri.

În timpul marilor cutremure de pămînt, pe suprafața pămîntului apar unde, care amintesc de valurile mării. În anul 1897, în statul Assam din India, în timpul unui cutremur de pămînt foarte puternic terenul a cunoscut aproape 200 de vibrații pe minut. La suprafața pămîntului se propagau unde înalte de 0,3 metri. Distanța dintre crestele lor era de aproape 9 metri. Un cutremur de mare intensitate a avut loc în anul 1960, în Chile.

Cum se poate evalua forța șocului subteran ? Cînd citiți în ziare știri despre cutremure de pămînt, ați observat probabil nu o dată fraza în care se arăta că intensitatea șocurilor ajunge pînă la un număr de grade.

Acesta este cel mai răspîndit mijloc de apreciere a intensității unui cutremur de pămînt. După gradul de distrugere și după acțiunea pe care o exercită asupra omului, toate cutremurele se împart în 12 grade. Se obține în felul acesta o scară în care intensitatea cutremurelor de pămînt crește de la 1 la 12 grade. Potrivit acestei scări, gradelor 1, 2 și 3 le corespund cutremurele pe care omul nu le observă. Cutremurele de pămînt cu o intensitate de 4—5 grade sînt sesizate de toți oamenii, și în timpul lor obiectele suspendate se leagănă, mobila se deplasează, pereții crapă. În timpul cutremurelor de pămînt de 6—7 grade, în pereți se produc fisuri, uneori se prăbușesc construcțiile de chirpici puțin rezistente. Oamenii care sînt prinși în case de un cutremur de această intensitate se sperie, intră în panică şi ies în fuga mare în stradă. Autorul a avut prilejul să observe o dată cum în timpul unui cutremur din Crimeea, cînd şocul avea o intensitate de 6 grade, vilegiaturiştii speriaţi săreau pe geam.

Cutremurul de pămînt de 8 grade atrage după sine numeroase stricăciuni la clădirile de cărămidă : apar fisuri, tencuiala cade, coşurile de pămînt se prăbuşesc. Sînt posibile victime omeneşti. In timpul cutremurelor de pămînt de 9—10 grade se produc prăbuşiri şi distrugeri la majoritatea clădirilor de cărămidă, se năruie turnurile, coşurile, monumentele, se rup crengile şi trunchiurile copacilor. Cutremurele de pămînt de 11—12 grade sînt o catastrofă îngrozitoare. Rîurile îşi modifică matca, terenul îşi schimbă configuraţia (fig. 57) ; tot ce este creat de om se prăbuşeşte (fig. 58).

În fig. 59 este arătată concret creşterea intensităţii şocului în timpul diferitelor cutremure.

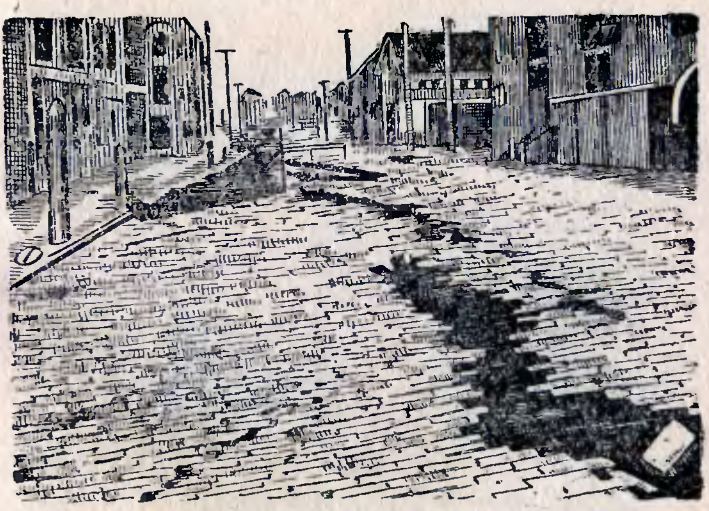


Fig. 57 — Fisurile apărute de-a lungul unei străzi în timpul cutremurului de pămînt de la San Francisco din anul 1906.

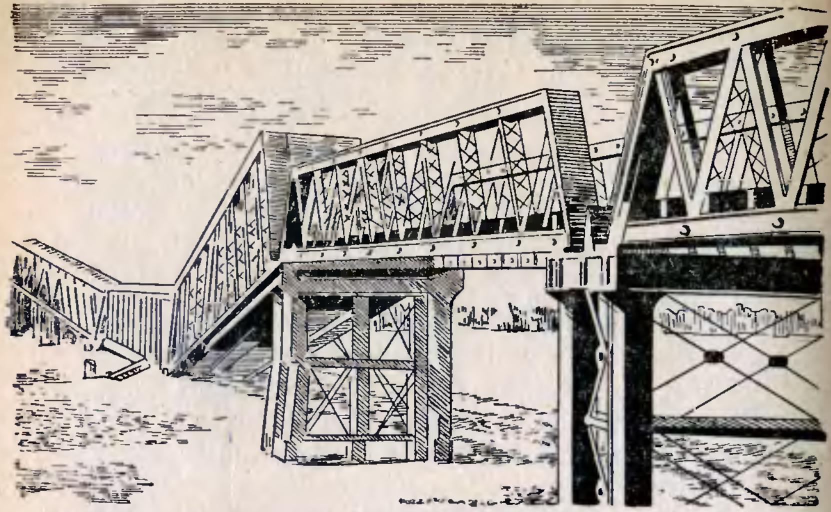


Fig. 58 — Prăbuşirea unui pod din Japonia în urma cutremurului de pămînt de la 28 octombrie 1891.

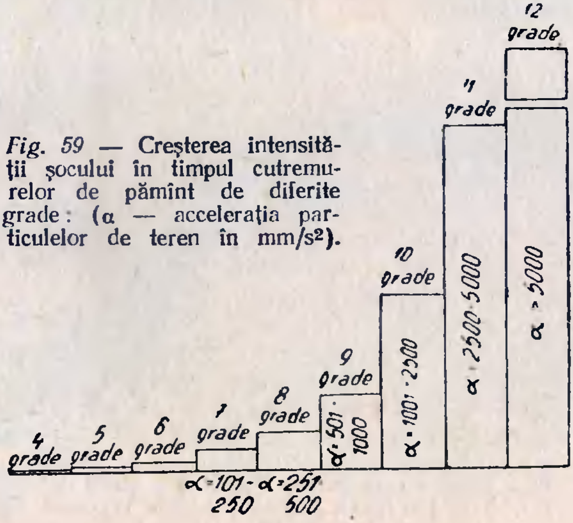


Fig. 59 — Creşterea intensităţii şocului în timpul cutremurelor de pămînt de diferite grade: (α — acceleraţia particulelor de teren în mm/s²).

CIND SE DEGAJĂ MAI MULTĂ ENERGIE — IN TIMPUL UNEI EXPLOZII ATOMICE SAU ÎN TIMPUL UNUI CUTREMUR DE PĂMÎNT ?

Pentru a ne face o idee asupra puternicelor forţe ale naturii ce acţionează în timpul zguduirilor scoarţei terestre, să vedem care este mărimea energiei degajate în timpul cutremurului.

Oamenii de ştiinţă americani Gutenberg şi Richter au calculat că în timpul cutremurelor de pămînt catastrofale se degajă o energie de ordinul 10^{25} ergi. Această cantitate este aproximativ egală cu un catrilion de cai putere. O atare rezervă de energie este suficientă pentru a se ridica o sută de kilometri cubi de apă la o înălţime de o sută de metri.

Iată cantităţile aproximative de energie care s-au degajat în timpul unor cutremure:

Cutremurul de pămînt din:	Energia degajată, în ergi
Sarez — 1911 (Pamir)	— $4{,}3 \cdot 10^{23}$
Carpaţi — 1940	— $8 \cdot 10^{25}$
Aşhabad — 1948 (Turkmenia) . .	— $1 \cdot 10^{23}$
Hantî — 1949 (Tadjikistan) . . .	— $1{,}4 \cdot 10^{22}$

Să încercăm a corela cantitatea de energie degajată în timpul cutremurelor de pămînt cu energia care se eliberează în timpul exploziei unei bombe atomice „standard". După cum se ştie, energia degajată în timpul unei explozii atomice nu depăşeşte 10^{20} ergi.

Dacă facem comparaţie între cifrele citate, putem trage concluzia că energia unui cutremur de pămînt depăşeşte de mii şi chiar de sute de mii de ori energia unei bombe atomice.

În fiecare secundă în timpul cutremurelor de pămînt sau al mişcărilor seismice, cum sînt denumite, se degajă o energie de 10^7 ergi, ceea ce reprezintă aproximativ o putere de 10 000 000 kW. Aceasta corespunde puterii a cinci hidrocentrale de tipul celei din Kuibîşev.

Dar ce anume zguduie pămîntul ?

Ce forță puternică pune în mișcare suprafața pămîntului ? De unde apare grandioasa energie a cutremurelor de pămînt ?

În antichitate, omul a încercat să găsească explicația multor fenomene din natură în activitatea zeilor puternici pe care i-a creat el însuși.

De pildă, la grecii antici exista un zeu al cutremurelor sau, cum îi spuneau ei, legănătorul Pămîntului — Poseidon. El trăia pe fundul mării, dar din cînd în cînd se ridica la suprafață și gonea aprig în carul său pe mări. Valurile veșnic clocotitoare se dădeau la o parte în fața lui. La o singură mișcare făcută cu tridentul său, Poseidon stîrnea valurile mării, care se ridicau asemenea unor munți. Izbindu-se cu zgomot de stîncile de pe mal, valurile zguduiau pămîntul.

Numai știința a putut să răspundă exact la întrebările puse mai sus.

Oamenii de știință au stabilit că sînt destul de multe cauze care provoacă zguduirile slabe ale pămîntului. Dintre acestea fac parte izbiturile valurilor mării asupra malului, prăbușirile de teren din masivele muntoase, exploziile artificiale, acțiunea vîntului asupra suprafeței terestre, năruirea peșterilor etc.

Unele oscilații periodice ale suprafeței terestre sînt condiționate de influența forței de atracție a Lunii. Se știe că forța de atracție a Lunii provoacă o creștere a apei în mări și oceane, în unele locuri de două ori, iar în altele — o dată pe zi, care merge de la zecimi de metru înălțime la 20—22 de metri.

Puțini sînt cei care știu că asemenea fluxuri și refluxuri iau naștere și în scoarța tare a pămîntului. În timp de 24 de ore coborîm sau urcăm, o dată sau de două ori, împreună cu suprafața pămîntului la o înălțime de la cîțiva centimetri pînă la 0,2—0,4 metri.

Cutremure de pămînt mai importante se produc în timpul erupției unor vulcani mari ca Vezuviul, vulcanul stins Kliucev, Krakatau etc. Cutremurele sînt cauzate de exploziile care însoțesc erupțiile, precum și de izbiturile lavei în mișcare asupra treptelor canalelor subterane.

Iată o scurtă descriere a uneia dintre cele mai mari catastrofe de acest gen, care a avut loc în timpul erupției Vezuviului în anul 1794. „În noaptea din 12 iunie, la orele 11, s-a produs un îngrozitor cutremur de pămînt. De la această oră de noapte și pînă dimineața, în toată Campania pămîntul s-a legănat asemenea valurilor mării, napolitanii au luat-o la fugă din casele lor... Cînd a răsărit soarele, se instaurase liniștea obișnuită. După trei zile, la 15 iunie, la orele 11 noaptea, pămîntul s-a cutremurat din nou. De data asta n-a mai fost o mișcare de forma valurilor, ci o izbitură subterană îngrozitoare. Clădirile au căpătat crăpături, geamurile zăngăneau și se spărgeau, mobila se răsturna. Deodată, tot cerul s-a luminat de-o flacără roșie. La poalele conului Vezuviului s-a format o crăpătură; se vedea cum lava ieșea de acolo. Se auzea un zgomot surd, dar puternic, ca vuietul unei cascade de apă. Muntele se legăna fără încetare... Oamenii nu mai simțeau pămîntul tare sub picioare, văzduhul era învăluit de o flacără, pretutindeni răsunau zgomote înspăimîntătoare, nemaiauzite vreodată..."

Cutremurele de pămînt care apar în timpul erupțiilor vulcanice cuprind regiuni relativ mici din vecinătatea vulcanilor. Forța șocurilor subterane scade pe măsură ce ne îndepărtăm de vulcanul activ.

Cauza principală care provoacă cutremurele de pămînt distrugătoare și catastrofale, cuprinzînd teritorii largi, rezidă în mișcările scoarței terestre. Geologii au stabilit că scoarța terestră se află într-o continuă mișcare lentă datorită acțiunilor unor izvoare interne de energie ale pămîntului. Scoarța cînd se lasă în jos, cînd urcă, cînd se deplasează în direcție orizontală. Aceste mișcări ale scoarței terestre au căpătat denumirea de mişcări tectonice. Ele sînt acele care determină cele mai distrugătoare cutremure de pămînt.

Din pricina mişcărilor tectonice, pe planeta noastră au apărut munţi şi depresiuni oceanice adînci.

Cutremurele de pămînt tectonice se produc în timpul unor rapide deplasări şi mişcări ale stratelor din scoarţa terestră. În timpul acestor cutremure de pămînt se aude un puternic vuiet subteran, generat de zgomotul nenumăratelor granule şi frînturi de roci, care se freacă una de alta.

În multe cazuri, în timpul acestor cutremure de pămînt unele zone ale suprafeţei coboară, altele se ridică, atingînd cîţiva metri, iar izolat zeci şi chiar sute de metri. În pămînt se formează crăpături. De pildă, în timpul cutremurului de pămînt de la Aşhabad (1949) s-au format fisuri pînă la 1,5 metri (fig. 60).

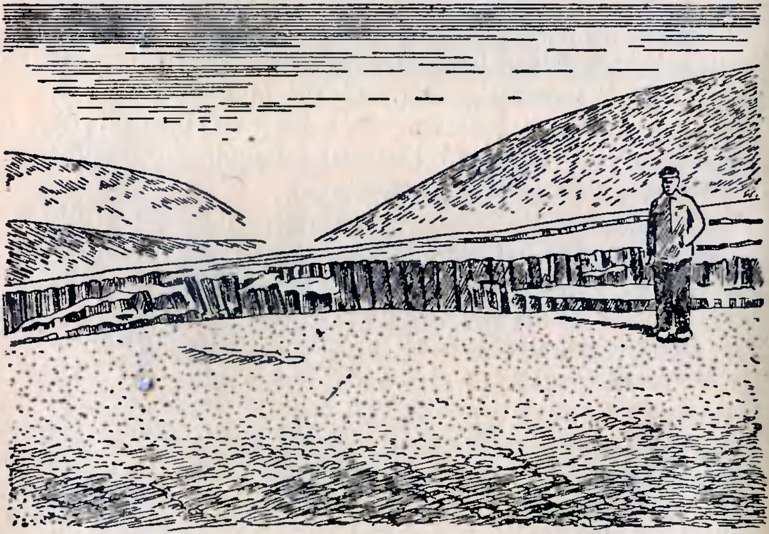


Fig. 60 — Fisuri ale pămîntului care s-au produs în timpul cutremurului de pămînt de la Aşhabad (după G. P. Gorşkov).

In regiunea munţilor şi a depresiunilor oceanice, scoarţa pămîntului este cea mai subţire și cea mai mobilă. Aici se manifestă mai mult ca oriunde mișcările tectonice și cutremurele de pămînt catastrofale.

Se pune întrebarea: de unde apare energia care provoacă aceste mișcări ale scoarţei terestre? Aceasta constituie una dintre cele mai grele probleme ale geologiei moderne.

Nu încape îndoială că sursele de energie se află înăuntrul Pămîntului. De aceea, procesele seismice, mișcările scoarţei terestre, erupţiile vulcanice se numesc în geologie *endogene* (de la cuvintele grecești *endon* — înăuntru și *gennan* — a lua naștere).

Marele om de știinţă rus M. V. Lomonosov, ocupîndu-se de factorii care au dus la crearea suprafeţei pămîntului, atribuia primul loc „căldurii lăuntrice a Pămîntului". În cartea sa intitulată „Despre straturile pămîntului", el scria: „În inima pămîntului se află o putere de nemăsurat, care din cînd în cînd se face simţită la suprafaţă și ale cărei urme se văd pretutindeni; acolo unde se afla fundul mării se găsesc azi munţi... Puterea care a ridicat o povară atît de mare nu poate fi pusă pe seama nimănui, nici măcar a acţiunilor naturii care ascultă de poruncile domnului, ci doar pe seama căldurii care domnește în pîntecele pămîntului. Chiar și astăzi, după atîtea veacuri, deși după unii slăbită, căldura mișcă împărăţii întregi și preschimbă faţa pămîntului..."

Sursele energiei interne a pămîntului nu au fost stabilite pînă în prezent. Firește că un rol mare revine degajării căldurii în timpul dezagregării radioactive. Un loc de frunte îl deţin de asemenea procesele legate de acţiunea forţei de atracţie, a coborîrii masivelor mai grele și a ridicării celor mai ușoare.

O anumită parte a energiei este legată de manifestarea forţelor centrifuge, care apar ca urmare a mișcării de rotaţie a Pămîntului în jurul axei sale, precum și în sistemul solar.

UN CUTREMUR DIN AUSTRALIA POATE FI ÎNREGISTRAT LA MOSCOVA?

S-a constatat că poate fi descoperit, și nu numai atît, se poate chiar stabili destul de precis locul unde s-a produs, precum și intensitatea lui. Cum se procedează în acest caz?

Pentru a ne lămuri în această problemă, să vedem cum ia naștere un cutremur de pămînt.

La o anumită adîncime, în scoarța terestră se produce o deplasare rapidă a rocilor care provoacă o oscilație. Locul acesta se numește hipocentru (centru din adîncime). Punctul situat deasupra lui la suprafața pămîntului a căpătat denumirea de epicentru.

Cu cît hipocentrul este mai adînc față de suprafață, cu atît cutremurul cuprinde o regiune mai mare. În diferite cazuri adîncimea lui variază de la zero la 700 kilometri. În cazul cutremurului de pămînt de la Așhabad hipocentrul se afla la o adîncime de 15—20 de kilometri.

Din hipocentru se propagă în toate părțile oscilațiile provocate de șoc, denumite unde seismice. Ele se deplasează, în funcție de compoziția rocilor, cu viteze de la 1 la 6 kilometri pe secundă. Undele seismice se propagă cel mai repede prin centrul Pămîntului. Viteza de propagare a lor în centrul globului pămîntesc este cu adevărat cosmică și atinge 13,4 kilometri pe secundă. Dacă se produce un cutremur de pămînt undeva în America de Sud, unda seismică va ajunge la Moscova prin nucleul Pămîntului aproximativ peste 20 de minute.

Pentru înregistrarea și măsurarea automată a undelor seismice, oamenii de știință au creat aparate extrem de sensibile, denumite seismografe.

Aceste aparate, în ciuda construcției lor complicate, se bazează pe un principiu destul de simplu.

Să suspendăm o greutate oarecare de tavan cu ajutorul unui fir subțire. La capătul de jos al firului vom pune o peniţă pentru înregistrare, care va trasa o linie pe hîrtia de pe tamburul aşezat pe podea. Punem în mişcare tamburul cu ajutorul unui mecanism de ceasornic (fig. 61). Seismograful este gata. Dacă se produce un cutremur, are loc imediat o deplasare a tavanului şi a podelei. Ce se va întîmpla însă cu greutatea atîrnată de firul subţire? În virtutea inerţiei, ea va rămîne pe loc. În clipa următoare punctul de suspensie şi tamburul vor reveni în poziţia iniţială, iar greutatea va începe să se deplaseze, şi peniţa fixată de ea va trasa o linie pe hîrtie. Toate oscilaţiile ulterioare repetate ale pendulului nostru vor provoca înregistrarea expusă în figura 64. Această înregistrare poartă denumirea de seismogramă. Cu ajutorul ei, oamenii de ştiinţă pot să stabilească depărtarea cutremurului de pămînt, locul şi intensitatea zguduirii. Seismografele moderne sînt în stare să înregistreze deplasări ale suprafeţei de ordinul a 0,0001 milimetri. Această mărime este de 500 de ori mai mică decît grosimea unui fir de păr.

Unul dintre cele mai perfecţionate seismografe este cel al savantului rus B. B. Galiţîn, creat încă în anul 1906. Seismografele moderne sînt aparate complicate, de înaltă sensibilitate. Ele se instalează la staţiuni seismice speciale, care se construiesc la o anumită adîncime de la suprafaţă. În lume există

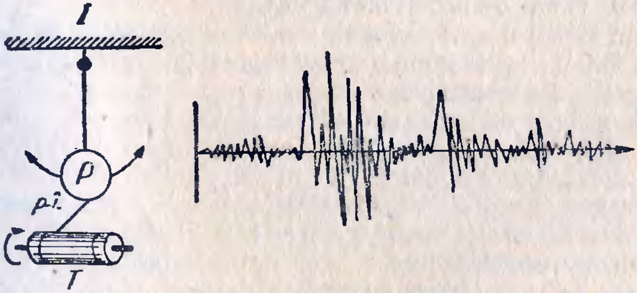


Fig. 61 — Principiul de funcţionare a seismografului (I) şi o seismogramă:
P — pendul, *p.î.* — peniţă pentru înregistrare, *T* — tambur de rotaţie cu hîrtie.

în total peste 400 de staţiuni de acest fel. Dintre ele circa 40 se găsesc pe teritoriul U.R.S.S. (la Moscova, Baku, Tbilisi, Sverdlovsk, Vladivostok etc.).

Seismografele înregistrează, de asemenea, oscilaţiile provocate de exploziile atomice.

ORAŞE ŞI ŢĂRI DISPĂRUTE

Omenirea păstrează în amintire sute de catastrofe îngrozitoare provocate de cutremure de pămînt şi mişcări tectonice.

Mulţi dintre voi aţi citit sau aţi auzit legenda despre catastrofa care a dus la pieirea marei insule Atlantida. Filozoful grec Platon povesteşte că acum 12 mii de ani a existat un popor puternic şi curajos — atlanţii — care locuia pe marea insulă Atlantida, situată în partea centrală a Oceanului Atlantic. Acest popor a dus cu succes războaie cu străvechii locuitori ai Atenei. Odată, însă, un cumplit şi neaşteptat cutremur de pămînt a distrus oraşele şi aşezările Atlantidei, după care a urmat scufundarea rapidă a insulei în fundul oceanului. O ţară întreagă şi poporul ei au dispărut fără urmă.

În trecutul antic existau marile oraşe feniciene Tyr şi Sidon, importante centre comerciale şi meşteşugăreşti. Pe neaşteptate istoria lor se întrerupe, şi în veacurile următoare sînt uitate chiar şi locurile unde se aflau aceste oraşe. Abia acum cîţiva ani le-au fost descoperite întîmplător ruinele pe fundul Mării Mediterane, lîngă ţărmurile Asiei Mici. Se poate presupune că aceste oraşe au dispărut în urma unei catastrofe asemănătoare cu cea din Atlantida. Se prea poate ca însăşi legenda biblică despre pieirea oraşelor Sodoma şi Gomora să reflecte legendele populare despre catastrofa geologică care a dus la pieirea oraşelor Tyr şi Sidon.

Răsfoind paginile istoriei, întîlnim numeroase descrieri de cutremure de pămînt catastrofale.

Iată, de pildă, cutremurul de pămînt din anul 526 care a lăsat pe malurile Mării Mediterane mormane de ruine în locul unor orașe înfloritoare, unde au pierit aproape 200 de mii de oameni.

O altă catastrofă este cutremurul de pămînt din provincia Șensi din China, cu o populație densă, care s-a produs în anul 1556. Acest cutremur a fost, într-adevăr, „sîngeros". În timpul lui au pierit 830 de mii de oameni.

Cutremurul de pămînt din anul 1923, pe care poporul japonez l-a numit „cutremurul cel mare", a dărîmat zeci de orașe din Japonia, și printre ele capitala țării — Tokio. Șocurile subterane și incendiile au distrus peste 653 de mii de case. Au pierit 142 000 de oameni.

MAXIM GORKI POVESTEȘTE

Marele scriitor Maxim Gorki se găsea în anul 1908 pe insula Capri, situată în golful Napoli, unde se afla în tratament, fiind grav bolnav. Pe atunci în Italia a avut loc un mare cutremur de pămînt (denumit cutremurul de la Messina), care a provocat mari distrugeri și moartea a zeci de mii de oameni. Fiind martor ocular al catastrofei, scriitorul a făcut o descriere realistă a acestui eveniment, cu măiestria artistică ce-l caracterizează. Iată impresiile lui : „...Pămîntul vuia surd, gemea, se ridica sub picioare și se frămînta, formînd crăpături mari — de parcă în adîncuri s-ar fi deșteptat și se răsucește după veacuri de moțăială un vierme uriaș, care se tîrăște acolo în întuneric ; mușchii lui se încordează și rup scoarța pămîntului, aruncînd clădirile de pe suprafața lui peste oameni și viețuitoare... Tresăltînd și legănîndu-se, clădirile se înclinau, pe zidurile lor albe șerpuiau crăpături ca niște fulgere, și zidurile se prăbușeau, acoperind străzile înguste, și printre ele pe oameni...

...Vuietul subpămîntean, huruitul pietrelor, scrîșnetul cherestelei acoperă strigătele de ajutor, țipetele de nebunie, gemetele celor răniți...

...Oameni și pietre sînt amestecați în grămezi, și tot mai des, tot mai puternic tremură casele și bisericile, pe care le retează de la temelie o coasă invizibilă — nimic nu poate să reziste în fața mișcărilor ei gigantice...

...Pămîntul se agită ca o mare, scuturînd și aruncînd de pe pieptul său palate, cocioabe, temple, cazărmi, închisori, școli, omorînd cu fiecare zguduitură sute și mii de femei, copii, bogați și săraci, analfabeți și învățați, credincioși și necredincioși..."

O CATASTROFĂ IN GRECIA

O idee despre marele cutremur de pămînt care s-a produs în anul 1870 în sudul Greciei ne-o oferă descrierea geologilor — martori oculari — I. Schmidt și M. Neumayr. Cităm: „...In dimineața zilei de 1 august s-a simțit un puternic șoc vertical, după care a urmat o mișcare de rotație și una oscilatorie a terenului, cu o durată de 15—20 de minute...

...In cîteva secunde Itsa, Hrisso și Delphi s-au transformat în mormane de ruină; au fost de asemenea distruse parțial Arachova, Amphissa și alte cîteva localități...

...După 19 minute pămîntul a început să se cutremure din nou, și pe la orele 13,30 un puternic șoc subteran a răsturnat la pămînt resturile orașelor, provocînd prăbușiri mari în munți... Numeroase mișcări ale pămîntului, bubuitul și vuietul, care nu conteneau nici ziua, nici noaptea, s-au prelungit în tot timpul lunilor august, septembrie și octombrie... La 25 octombrie populația ieșise în stradă. Atenția tuturor a fost atrasă de aurora boreală care a speriat toată lumea. În acest timp a răsunat un nou șoc subteran puternic. Orașul Amphissa, care scăpase după catastrofa de la 1 august, a fost distrus într-o clipă... Pînă în iarna anului 1870 pămîntul a continuat să oscileze..."

În continuare, M. Neumayr prezintă impresiile sale personale: „Pe la ora 1 noaptea tocmai mă pregătisem să mă culc, ca să-mi pot continua cercetările cu puteri noi; abia mă întinsesem, cînd s-a produs o scuturătură de o intensitate cumplită... Îngrozitorul șoc subteran a fost precedat de un vuiet puternic, dar înăbușit, care a durat cîteva secunde... Pămîntul se ridică, asemenea unui covor pe care îl fîlfîie furtuna, dar încet și liniștit; nu era de fapt un șoc, ci mai degrabă o ușoară ridicare lentă. Am fost aruncat în sus, dar n-am încercat cu acest prilej senzația unei căderi rapide..."

Acest cutremur de pămînt s-a caracterizat printr-o durată neobișnuit de mare. Șocurile subterane, vuietul, trepidația au continuat timp de aproape trei ani și jumătate. În acest timp M. Neumayr a numărat cinci milioane de bubuituri și cincizeci de mii de șocuri, dintre care trei sute au fost distrugătoare.

Faptul că în regiunile atinse de cutremur nu se aflau orașe mari explică numărul mic de victime.

MĂRTURIA LUI MARK TWAIN

Talentatul scriitor american Mark Twain, în timpul șederii sale la San Francisco în anul 1864 „a avut plăcerea" să asiste la un cutremur de pămînt destul de mare, care a provocat distrugeri importante în oraş. Cu umorul care îl caracterizează, Twain povestește:

„...Era cu puţin după prînz, într-o sclipitoare zi de octombrie. Coboram pe Strada a Treia. Singurele obiecte în mişcare care se puteau zări în cartierul acela foarte populat, cu clădiri îndesate unele într-altele, erau: un om într-un docar ce venea în urma mea şi un tramcar cotind încet în susul străzii cu care se întretăia Strada a Treia. Altminteri, pretutindeni, doar singurătate şi tăcere duminicală. Cînd treceam pe după colţ, ocolind schelăria unei case, se auzi o zăngăneală cumplită şi un scîrţîit; mi-a fulgerat prin minte că am nimerit peste un „subiect" — fără îndoială că în casa aceea se încinsese o bătaie. Inainte de a mă întoarce ca să găsesc uşa, a urmat o zguduitură cu adevărat înspăimîntătoare; mi s-a părut că pămîntul se rostogolește sub picioare, în valuri întrerupte de o zgîlţîială violentă, în sus şi-n jos; se auzi un duduit înfundat şi scrîşnete, ca nişte cărămizi frecîndu-se între ele. Am căzut, nimerind în zidul casei aceleia, şi m-am lovit la cot. Acum ştiam ce se întîmplă şi, îndemnat de un simplu instinct reportericesc, mi-am scos ceasul și mi-am notat ce oră era. In clipa aceea se porni cel de-al treilea și cel mai năprasnic şoc; şi cum mă legănam pe pavaj, încercînd să-mi ţin echilibrul, am văzut o priveliște care mă îngheţă! Intreaga faţadă a unei clădiri înalte de cărămidă, cu patru etaje, de pe Strada a Treia s-a dislocat ca o uşă din ţîţîni și a căzut de-a curmezișul străzii, înălţînd un vîrtej de praf, ca o mare masă de fum! Iată că atunci veni şi docarul! Omul zbură peste cap şi, în mai puţin timp decît îmi trebuie mie ca să vă povestesc, vehiculul este făcut bucăţi, mii de fărîme, care se risipesc pe-o distanţă de vreo trei sute de metri de stradă. Ai fi putut crede că la răspîntia aceea cineva a tras o salvă cu o încărcătură de funduri de scaun şi de zdrenţe... Fiecare uşă a fiecărei case, cît puteai zări cu ochiul, răvărsa un şuvoi de fiinţe omeneşti; şi aproape cît ai clipi din ochi, o grămadă de oameni se şi înşirară într-o nesfîrşită procesiune, în josul tuturor străzilor ce se vedeau din poziția mea dominantă. Niciodată o singurătate solemnă n-a fost prefăcută mai repede într-un șuvoi clocotitor de viață..."

6 OCTOMBRIE 1948 LA AȘHABAD

Am avut ocazia să vizitez Așhabadul înainte de cutremurul de pămînt și imediat după el. Sub acțiunea șocurilor subterane, marele și înfloritorul oraș sudic a suferit distrugeri importante în numai cîteva secunde.

Cutremurul de pămînt a avut loc imediat după ora unu noaptea. Era o noapte liniștită și întunecoasă, așa cum sînt multe nopți în sud. Deîndată s-a auzit un vuiet subteran și o dată cu el s-a produs primul cutremur, provocat de un șoc puternic, aproape vertical. După o secundă a urmat al doilea șoc, și mai puternic, care a și cauzat distrugerile principale. Timp de cîteva secunde au continuat șocurile cu o intensitate mai mică. Apoi, pentru o clipă, s-a lăsat liniște deplină, tulburată doar de strigătele oamenilor și de urletele animalelor.

Șocuri subterane de o intensitate nu prea mare au continuat și după 6 octombrie, timp de cîteva luni.

Distrugerile provocate de cutremur ar fi fost cu totul neînsemnate, dacă orașul n-ar fi fost alcătuit dintr-un mare număr de clădiri cu un singur cat, durate din cărămidă crudă, nearsă. Clădirile erau fără contravîntuiri transversale și aveau acoperișuri plate și grele, de pămînt.

Au fost distruse tocmai aceste clădiri puțin rezistente. Prăbușirea lor a provocat multe victime.

N-au suferit de loc sau au avut stricăciuni neînsemnate clădirile cu două și trei etaje de construcție modernă, durate după normele construcției antiseismice.

O expediţie a Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. a stabilit că epicentrul cutremurului s-a aflat la 25 de kilometri de oraş. Intensitatea şocurilor subterane a fost estimată ca fiind de 8—10 grade.

Guvernul U.R.S.S. şi guvernele republicilor frăţeşti au acordat imediat ajutor populaţiei oraşului. Astăzi Aşhabadul a devenit mai frumos şi mai confortabil decît înainte de cutremur. În acest oraş au fost construite mii de clădiri pentru care cutremurele de pămînt nu sînt de temut.

POT FI CUTREMURE DE PĂMÎNT LA MOSCOVA?

Mulţi locuitori ai Moscovei îşi amintesc dimineaţa ceţoasă a zilei de 10 noiembrie 1940, cînd au fost deşteptaţi de puternice şocuri subterane. Trepidaţiile pămîntului au început pe la ora 5 dimineaţa şi s-au repetat în următoarele trei ore. Martorii oculari spun că în timpul acesta se putea observa cum se clatină clădirile, cum oscilează diferite obiecte suspendate, cum scîrţîie mobila, precum şi alte fenomene. Cîinii au început să alerge, să latre şi să urle neliniştiţi.

Aceste zguduiri şi şocuri au fost urmarea unui mare cutremur catastrofal care a avut loc la o distanţă de aproape 1 300 de kilometri de Moscova, în adîncul Carpaţilor. În epicentru cutremurul a atins intensitatea de 9—10 grade. La Moscova, însă, şocurile n-au depăşit mărimea de 4—5 grade.

Zguduirile suprafeţei provocate de acest cutremur s-au simţit pe un teritoriu vast. Şocuri subterane s-au constatat şi la Harkov, Voronej, Minsk şi în multe alte oraşe.

Trebuie să spunem că la Moscova cutremurele de pămînt din Carpaţi au fost percepute în repetate rînduri. Ele au provocat oscilaţii relativ mici ale suprafeţei, cu o intensitate de cel mult 3—4 grade. Astfel s-a întîmplat în anul 1934, în 1928, 1912, precum și în vremurile mai îndepărtate. Letopisețele conțin descrieri interesante despre asemenea cutremure la Moscova în anii 1146, 1445, 1460.

Să luăm, de pildă, „letopisețul lui Nicon“. Aici poate fi citită descrierea plastică a unui cutremur de pămînt de la Moscova, care a avut loc în anul 1445: „În aceeași toamnă, la 1 octombrie, zi în care cneazul cel mare a fost slobozit de la Kurmîș, la ora șase noaptea s-a cutremurat orașul Moscova; cetatea, întreg tîrgul aflat în afara zidurilor orașului și catedrala s-au clătinat; mulți oameni care nu dormeau încă au fost cuprinși de durere și deznădejde“.

ATENȚIE, ȚUNAMI!

Probabil că majoritatea cititorilor n-au auzit de țunami. Acesta este un fenomen măreț și cumplit, strîns legat de cutremurele de pămînt.

Cutremurele se pot produce nu numai pe uscat, ci și pe fundul oceanelor. În acest caz trepidațiile fundului se transmit suprafeței netede a apei mărilor și oceanelor. Un atare „cutremur marin“ sau submarin se simte pe nave. Marinarii care se află pe punte sau în încăperile unei nave încearcă lovituri și șocuri de diferite intensități. Navele se zguduie, se leagănă, execută mișcări involuntare, nu se mai supun timonei. Totuși, există multe cazuri cînd „cutremurele marine“ nu se răsfrîng asupra navelor, și rămîn neobservate de marinari.

Acestea sînt mai îngrozitoare pentru populația de pe litoralul mărilor și oceanelor. Explicația constă în faptul că asemenea cutremure de pămînt pe fundul mării pot fi însoțite de surpări și lunecări ale rocilor și pantelor submarine, de prăbușiri ale unor mari sectoare ale fundului.

Deplasările rapide ale masivelor de roci de pe fund sînt în stare să provoace pe suprafața oceanului valuri mari, a căror înălțime poate să atingă 15—25 de metri. Aceste valuri au căpătat denumirea japoneză de „țunami".

Valurile puternice se deplasează pe o distanță de sute și mii de kilometri de la centrul cutremurului submarin spre litoral. Ele sînt relativ puțin vizibile pe întinderile oceanelor. Pe măsură ce adîncimea mării scade, lîngă litoral, înclinarea valurilor crește repede. Ajungînd la țărm, ele se prăbușesc cu o putere îngrozitoare asupra lui, semănînd moarte și distrugeri.

In agitatul Ocean Pacific cutremurele submarine iau naștere mai des decît oriunde, și din acest motiv tocmai aici se formează de cele mai deseori puternice țunami. Valurile gigantice apar mai rar în oceanele Atlantic și Indian, precum și în Marea Mediterană. Pe litoralul european al Oceanului Atlantic, țunami au lăsat o tristă amintire în 1755, cînd s-au prăvălit asupra capitalei Portugaliei — Lisabona. Aici la început, după primul șoc subteran, marea s-a retras ; dar apoi s-a repezit spre mal cu valuri îngrozitoare, care au atins înălțimea de 25 de metri. Ele au înaintat adînc pe uscat, pe o distanță de pînă la 10—15 kilometri, distrugînd totul în drumul lor. Au căzut zeci de mii de victime.

De pe urma catastrofalelor țunami, cel mai mult suferă Japonia, Indonezia, insulele Filipine și Hawaii, precum și litoralul Oceanului Pacific din America de Sud.

În Uniunea Sovietică acest fenomen se observă pe malul de est al Kamceatkăi și al insulelor Kurile. Intr-o perioadă de aproape două sute de ani aici au fost constatate 14 țunami, dintre care numai patru au fost catastrofale.

Ultima dată s-au produs țunami pe țărmurile Oceanului Pacific, în insulele Kurile și Kamceatka, la 5 noiembrie 1952. Iată cum le descrie A. E. Sveatlovski : „...Cutremurul de pămînt care a provocat țunami a început noaptea... In localitatea Boikovo, și într-o serie de alte așezări de pe litoral, înainte de venirea valurilor îngrozitoare. s-a constatat o retragere a oceanului dinspre maluri pe o distanță de aproape 500 de metri... La 40 de minute după cutremur, dinspre ocean s-a auzit un vuiet asemănător cu o canonadă... Peste cîteva minute asupra litoralului s-a revărsat un mare val al oceanului, care purta nisip, mîl și diferite sfărîmături. Valul se revărsa cu o mare viteză ; cea mai mare intensitate și înălțime a atins-o în valea rîului... Peste cîteva minute valul s-a retras, ducînd în ocean sfărîmături provocate de distrugeri. A urmat o acalmie, după care peste 15—20 de minute a venit un al doilea val, înalt de 10 metri, ce înainta cu o viteză și mai mare. În fața lui se deplasa o „pernă de aer" — un val de aer care a smuls ferestrele și ușile caselor... Al doilea val, smulgînd acoperișurile de pe casele de lemn și dărîmînd pereții, a străbătut întreaga localitate și... a început să se retragă..., ducînd o mare parte a resturilor rezultate din prăbușiri. Toate clădirile dispuse la o înălțime de peste 10 metri deasupra nivelului oceanului au rămas întregi ; în centrul așezării, situate într-un loc jos, s-au păstrat numai pereții unei mici case de piatră".

Catastrofe asemănătoare cu cea descrisă mai sus sînt un fenomen relativ rar. În prezent oamenii de știință pot să prevadă apariția valurilor țunami. Un serviciu special organizat în acest scop anunță din timp populația asupra apropierii primejdiei și asigură evacuarea ei în regiuni aflate în afara pericolului.

CUTREMURUL DE PĂMÎNT POATE FI PREVĂZUT ?

Prevederea cutremurelor de pămînt este o sarcină nobilă și de importanță vitală pentru știință. Pe calea rezolvării acestei probleme oamenii de știință au obținut deja anumite succese.

Astfel, se poate răspunde ușor la întrebările: unde sînt posibile cutremurele de pămînt pustiitoare? Care este intensitatea maximă pe care o pot atinge cutremurele de pămînt?

În acest scop, ca rezultat al unei munci minuțioase, oamenii de știință au întocmit hărți speciale cu răspîndirea cutremurelor de pămînt și cu valorile maxime ale intensității lor. Aceste hărți se numesc seismice. Pe ele sînt indicate limitele regiunilor de extindere a cutremurelor de pămînt de diferite intensități.

Întocmirea hărților seismice se face pe baza unui temeinic studiu al datelor istorice și actuale asupra tuturor cutremurelor de pămînt cunoscute. Totodată se ține seama de structura geologică a terenului și de rezultatele studierii mișcărilor tectonice actuale. Pe hărțile seismice sînt trecute numai regiunile cu o intensitate a cutremurelor de pămînt mai mare de 4 grade.

Raionarea seismică a teritoriului Uniunii Sovietice a arătat că cutremurele de pămînt cu o intensitate de 5 grade și mai mult pot apărea în următoarele regiuni (fig. 62): în Carpați (R.S.S. Moldovenească și partea de sud-vest a R.S.S. Ucrainiene), intensitatea posibilă a șocurilor subterane fiind de 5—8 grade; de asemenea, în Caucaz (R.S.S. Gruzină, R.S.S. Armeană, R.S.S. Azerbaidjană și partea de nord a Caucazului din R.S.F.S.R.), unde sînt posibile șocuri cu o intensitate de 5—9 grade.

În Asia Centrală (R.S.S. Turkmenă, R.S.S. Uzbekă, R.S.S. Tadjikă, R.S.S. Kazahă și R.S.S Kirghiză) cutremurele pot avea o intensitate de pînă la 9 grade.

În Altai, în regiunea lacului Baikal, în regiunea Amurului și în Orientul Îndepărtat, intensitatea șocurilor subterane oscilează de la 5 la 9 grade. În Kamceatka și pe insulele Kurile intensitatea șocurilor atinge, de asemenea, 9 grade.

Pe insula Sahalin intensitatea posibilă a cutremurelor de pămînt nu depășește 7 grade.

În Uralul Central și în Karelia șocurile subterane ating cel mult 5 grade.

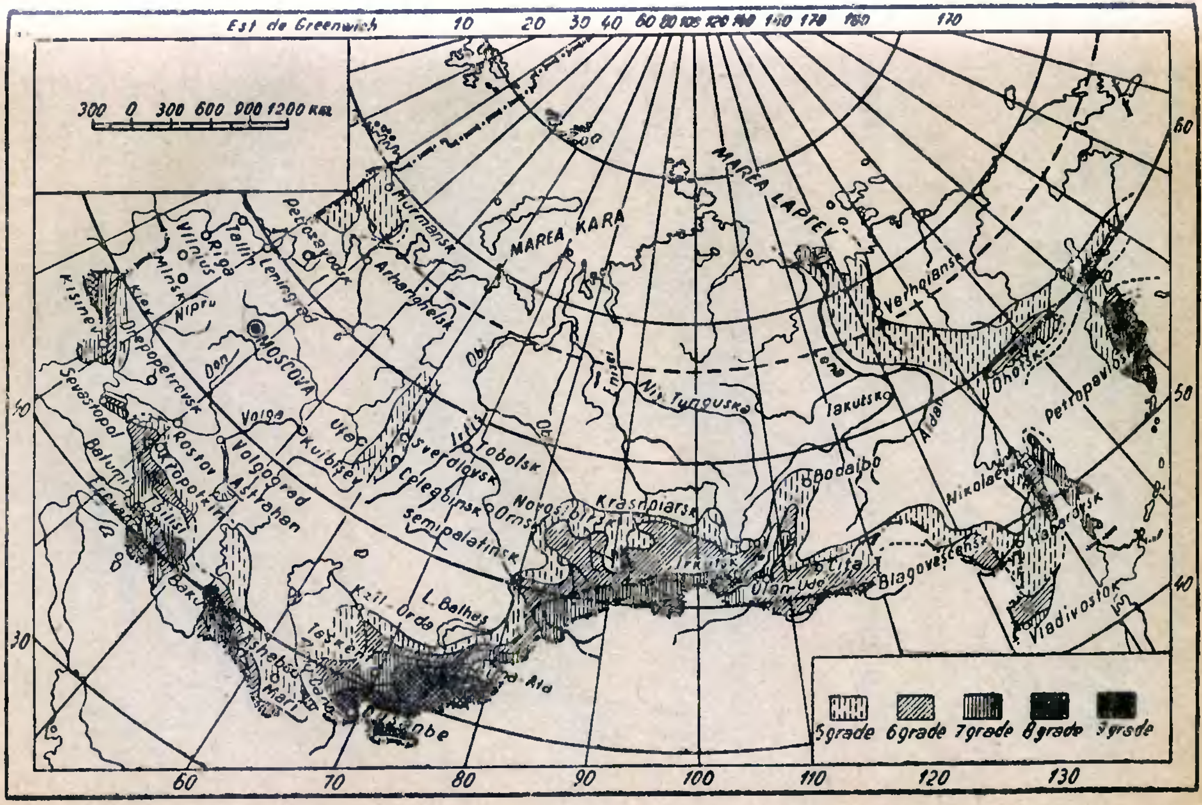

Est de Greenwich
10
20
30
40
60
80
140
170
180
170
300 0 300 600 900 1200 km
MAREA KARA
MAREA LAPTEV
Murmansk
Petrozavodsk
Arhanghelsk
Leningrad
Tallin
Riga
Vilnius
Minsk
Kiev
Nipru
Kisinev
Dnepropetrovsk
MOSCOVA
Don
Volga
Ufa
Kuibisev
Volgograd
Astrahan
Rostov
Kropotkin
Sevastopol
Batumi
Tbilisi
Erevan
Baku
Ashebad
Mari
Taskent
Kzil-Orda
L. Balhas
Alma-Ata
Dusanbe
Semipalatinsk
Sverdlovsk
Celeabinsk
Tobolsk
Irtis
Ob
Omsk
Novosibirsk
Krasnoiarsk
Enisei
N. Tunguska
Irkutsk
Ulan-Ude
Cita
Bodaibo
Iakutsk
Lena
Aldan
Verhoiansk
Ohotsk
Petropavlovsk
Nikolaevsk
Habarovsk
Blagovescensk
Vladivostok
5grade
6grade
7grade
8grade
9grade
60
50
40
30
60
70
80
90
100
110
120
130

Fig. 62 — Harta raionării seismice a Uniunii Sovietice

Duduleanu Sori

Inainte de a începe să dureze o clădire, să construiască baraje și alte construcții, inginerul este dator să cunoască harta seismică a regiunii respective. Numai după ce a stabilit mărimea cutremurului de pămînt posibil, el va ști clar ce măsuri trebuie să ia pentru ca imobilele construite să reziste la cutremure.

CÎND NE PUTEM AȘTEPTA LA UN CUTREMUR DE PĂMÎNT?

Dacă se poate ști destul de simplu unde se va produce cutremurul de pămînt, la întrebarea cînd se va produce cutremurul de pămînt știința nu reușește deocamdată să ne dea răspunsul. Oamenii de știință fac intense investigații pentru a găsi mijloacele de stabilire a momentului cînd va avea loc cutremurul de pămînt apropiat.

Închipuiți-vă că locuitorii și organele de stat vor fi preveniți cu o săptămînă sau cu o lună înainte despre apropierea cutremurului de pămînt. Lucrul acesta le va permite să ia toate măsurile pentru apărarea populației, pentru evacuarea ei din regiunile amenințate de cutremur, în sfîrșit, aceasta le-ar putea permite să preîntîmpine incendiile și alte consecințe ale cutremurului.

Un astfel de pronostic ar face posibil să se evite victimele și să se reducă la minimum distrugerile catastrofale din orașe și sate.

Astăzi nu sîntem în stare să prevedem acest lucru, dar nu este departe ziua cînd previziunea apropierii unui cutremur de pămînt va fi tot atît de obișnuită ca și prevederea timpului. Încă de pe acum pe baza analizei mișcărilor tectonice actuale, a structurii geologice a regiunii și a istoriei cutremurelor de pămînt, oamenii de ştiinţă pot vorbi despre termene aproximative de repetare a şocurilor subterane.

Găsirea unor metode de prevedere a cutremurelor de pămînt este una dintre cele mai importante probleme ale seismologiei.

În Uniunea Sovietică de rezolvarea acestui lucru se ocupă o serie de institute de cercetări ştiinţifice. La această problemă se lucrează intens şi în străinătate.

Vom relata mai jos unele investigaţii ale oamenilor de ştiinţă în acest sens.

FURTUNILE ÎNCLINĂRILOR ŞI FREAMĂTUL ROCILOR

Oamenii de ştiinţă au stabilit cu ajutorul unor aparate de mare precizie că înclinarea suprafeţei pămîntului se modifică.

Această modificare se desfăşoară cu o viteză foarte mică. Efectuînd măsurători regulate ale înclinaţiilor, s-a observat că înaintea unui cutremur de pămînt situaţia se schimbă brusc. Cu acest prilej nu numai că se modifică mai rapid înclinaţia, dar se schimbă şi direcţia acesteia (fig. 63). Fenomenul se explică prin creşterea tensiunii din roci în timpul deplasărilor scoarţei terestre.

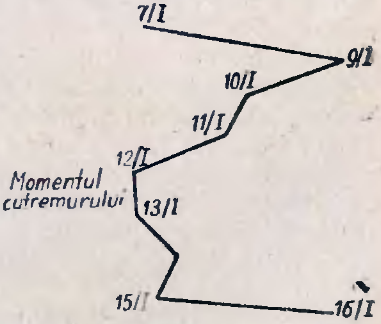


Fig. 63 — Curba de modificare a înclinării suprafeţei în timpul cutremurului de pămînt de la Duşanbe din anul 1950 (după V. E. Bonceakovski).

Aceste modificări rapide ale înclinărilor au căpătat denumirea de „furtunile înclinărilor".

Pentru a descoperi o „furtună" de acest gen la suprafaţa rocilor sînt necesare măsurători extrem de precise cu ajutorul unor aparate speciale numite clinometre. În prezent s-au obţinut oarecare succese în realizarea unor instalaţii cu acţionare automată. Este posibil ca folosirea lor să ne ducă mai repede la rezolvarea problemei prevederii cutremurelor de pămînt.

Un alt mijloc pentru descoperirea cutremurului de pămînt apropiat este detectarea freamătului rocilor. S-a constatat că înaintea cutremurului de pămînt în roci încep să se audă anumite zgomote. Pe măsură ce cutremurul de pămînt se apropie, zgomotul creşte. În timpul şocurilor subterane el se transformă într-un puternic vuiet subteran. Cauza acestor zgomote este aceeaşi ca şi la fenomenul precedent — la „furtuna de înclinări" : înainte de cutremur, în roci cresc treptat tensiunile mecanice create de mişcările tectonice. Sub acţiunea acestor forţe crescînde, în roci se formează o mulţime de fisuri extrem de fine. Este posibilă, de asemenea, apariţia mişcării unor anumite particule. Toate aceste procese noi le percepem ca zgomote. Cu cît sîntem mai aproape de începutul cutremurului de pămînt, cu atît mai mare este tensiunea din masivele de roci şi cu atît mai puternic este zgomotul.

Dacă într-un complex de roci am instala microfoane foarte sensibile şi am urmări freamătul lor, am putea să descoperim momentul cînd zgomotul obişnuit începe să crească şi să capete proporţii ameninţătoare. Deocamdată acesta este numai unul din mijloacele posibile pentru prevederea cutremurelor de pămînt. Viitorul apropiat ne va arăta în ce măsură se va reuşi să se folosească zgomotele din roci în acest scop.

Unii specialişti îşi pun anumite speranţe în legătura reciprocă descoperită între cutremurul de pămînt şi variaţiile cîmpului magnetic.

Apropierea şocurilor subterane se reflectă asupra cîmpului magnetic al teritoriului ameninţat. Apar anomalii (perturbații) magnetice. Desigur, nu este exclusă posibilitatea folosirii acestui fenomen pentru prevederea cutremurelor de pămînt.

Putem să mai indicăm un mijloc. Am mai spus că înainte de cutremur în roci cresc tensiunile mecanice. Este știut că prin compresiunea rocilor apare un curent electric slab. Ce-ar fi să încercăm să-i măsurăm mărimea ? În acest caz, apropierea unui cutremur de pămînt va fi indicată de o creștere rapidă a curentului.

În această carte nu putem să vorbim despre toate lucrările oamenilor de știință din acest domeniu. Putem spune însă cu convingere că într-un viitor apropiat problema previziunii cutremurelor de pămînt va fi rezolvată pe deplin.

ȚUNAMI SE POT PREVEDE

Este interesant de semnalat că prevederea apariției fenomenului de țunami, adică a unor uriașe valuri distrugătoare, este mai simplă decît indicarea momentului cînd vor apare șocurile subterane, întrucît țunami se produc după cutremur.

Fiecare șoc subteran atrage după sine apariția fenomenului de țunami ? Firește că nu. Țunami sînt rezultatul numai al acelor cutremure de pămînt al căror epicentru se află în anumite locuri ale fundului mării ; în special acestea sînt depresiunile oceanice adînci, unde șocul poate să ducă la mari deplasări de roci.

Seismologii cunosc regiuni în care cutremurele de pămînt atrag după sine formarea unor valuri gigantice. Așadar, dacă a avut loc un cutremur submarin cu epicentrul într-o regiune primejdioasă, ne putem aștepta la țunami. Viteza de deplasare a valului care se produce variază de la 500 la 840 de kilometri pe oră. Cunoscînd distanța de la epicentru pînă la punctul dat de pe mal, este uşor de calculat şi timpul apropierii valurilor gigantice.

Un indiciu important al apropierii ţunami este apariţia după şocurile subterane a unor puternice variaţii ale nivelului oceanului lîngă maluri.

În Uniunea Sovietică au fost create servicii seismice speciale pe litoralul Oceanului Pacific, care asigură un complex de observaţii asupra tuturor acestor fenomene şi încunoştiinţează populaţia de apropierea ţunami.

UNDE DAI ŞI UNDE CRAPĂ

UNDE ESTE MAI MARE INTENSITATEA ŞOCULUI: PE O STÎNCĂ DE GRANIT SAU PE NISIP?

Problema nu este atît de simplă pe cît pare. Fără a sta mult pe gînduri mulţi vor răspunde că, de bună seamă, pe stîncă intensitatea şocului va fi mai mare.

În realitate însă lucrurile nu stau aşa. Ştim din mecanică că intensitatea şocului, în cazul cînd celelalte condiţii sînt identice, este determinată de mărimea oscilaţiilor particulelor de rocă (sau, după cum se spune, de amplitudinea oscilaţiilor).

Să luăm o rocă durabilă oarecare, de pildă, granitul. Toate granulele acestei roci au între ele legături dintre cele mai trainice. Încercaţi să le faceţi să execute mişcări oscilatorii. Chiar şi în cazul şocurilor puternice amplitudinea oscilaţiilor lor va fi neînsemnată.

Să considerăm acum o rocă friabilă oarecare, de pildă, nisipul. Ştim că granulele de nisip nu sînt legate între ele. Înseamnă că același șoc va provoca în nisipuri oscilații ale granulelor mult mai mari decît în granit.

Prin urmare, putem trage concluzia : în rocile friabile oscilațiile particulelor vor fi mai mari. Amplitudinea oscilațiilor particulelor este deosebit de mare în terenurile afînate saturate cu apă. Rezultă de aici că același șoc va provoca distrugeri mai mari în cazul rocilor afînate.

Cu prilejul unui cutremur din Tokio geofizicienii au făcut măsurători interesante. S-a stabilit că amplitudinea mișcării oscilatorii a rocilor tari a fost de 78 de milimetri, în timp ce în nisipuri ea atingea 162 de milimetri.

Observațiile au arătat, de asemenea, că în cazul unuia și aceluiași șoc subteran, la terenurile nisipoase uscate intensitatea lui se dovedește a fi mai mare cu 1—2 grade în comparație cu media pentru această regiune. În terenurile argiloase și prăfoase ea crește cu 1—3 grade. Deosebit de mare este creșterea intensității șocurilor în terenurile mlăștinoase și în terenurile afînate îmbibate cu apă. Intensitatea șocului poate să crească în aceste cazuri cu 3—4 grade.

Așadar, știm că șocul subteran va fi mai ușor simțit în rocile afînate. Cum stau însă lucrurile cu propagarea lui ? Undele seismice care apar în epicentru se propagă în toate direcțiile. Ele fac să oscileze particulele rocilor. Aceste mișcări ale granulelor pot fi orientate de-a lungul direcției de mișcare a undei (unde longitudinale) sau în direcție transversală (unde transversale).

Deci, ne întîlnim din nou cu oscilațiile particulelor de roci. Este clar că dacă granulele vor oscila în direcția de propagare a undei, viteza transmiterii șocului va fi mai mare decît în cazul mișcărilor transversale. De aceea, unda seismică longitudinală se va deplasa mai repede, ajungînd cea dintîi la locul de observație. Mai tîrziu ajunge cealaltă undă — transversală.

Cu cît este mai mică amplitudinea oscilaţiei particulelor, cu atît mai repede se produce transmiterea mişcărilor de la o granulă a rocii la alta. De aci concluzia : cu cît mai densă este roca şi cu cît sînt mai temeinic legate particulele ei, cu atît mai repede se deplasează undele seismice ; în nisipuri, de exemplu, şocul subteran se va transmite mai încet decît în granit.

Măsurători precise ale vitezelor de deplasare a undelor seismice în diferite roci au dat următoarele rezultate :

Roca	Viteza în m/s
nisip	500—1 000
gresie	1 500—4 000
calcar	2 000—5 000
granit	5 000—6 000

Dacă un cutremur de pămînt a avut loc în regiunea Aşhabad, ţinînd seama de compoziţia rocilor, şocul subteran va fi simţit la Taşkent aproximativ după 16—20 de minute.

FAPTELE CONFIRMĂ TEORIA

După cutremurul de pămînt de la Aşhabad s-a constatat un fenomen la prima vedere de neînţeles : diferite raioane ale oraşului au avut de suferit într-o măsură inegală. Distrugerile cele mai mari au fost observate în partea de nord-est a oraşului. În sectorul de vest distrugerile au fost mai puţin importante. Şi mai departe, spre vest, în satul Bezmein, care este situat la 12 kilometri de oraş, nu au existat distrugeri. Care este explicaţia? De ce pe un teritoriu atît de mic, unul şi acelaşi şoc a provocat consecinţe diferite? S-a constatat că totul depinde de compoziția terenurilor superficiale.

Într-adevăr, partea de nord-est a Așhabadului stă pe nisipuri cu amestec de particule de argilă. În unele locuri aceste nisipuri sînt saturate cu apă. Tocmai de aceea, șocul subteran a fost aici cel mai puternic.

Partea de vest a orașului este construită pe argile nisipoase mai dense. Această circumstanță a condiționat distrugeri mai mici în această parte a orașului.

Satul Bezmein este situat pe complexe groase de pietriș, din care o parte este cimentată de carbonați. Grosimea lor depășește 100 de metri. Pe aceste terenuri s-au păstrat intacte chiar și clădirile puțin rezistente din cărămidă nearsă. Se consideră că intensitatea cutremurului n-a depășit în această așezare gradul 6, în timp ce la Așhabad ea a atins 10 grade.

Un exemplu interesant îl poate oferi orașul San Salvador, capitala Salvadorului, situat în America Centrală. Acest oraș, întemeiat în secolul al XVI-lea, a fost în timpul existenței sale distrus de 14 ori de puternice cutremure de pămînt. Nenorocirea acestei capitale, care a avut mult de suferit, consta în faptul că a fost construită pe aluviuni vulcanice friabile. Cînd răbdarea guvernului din această țară a ajuns la capăt, s-a luat hotărîrea ca orașul să fie mutat într-un alt loc, unde suprafața este alcătuită din terenuri stîncoase stabile. Noua capitală, situată în apropierea celei vechi, stă neclintită de 100 de ani, în ciuda faptului că în acest timp au avut loc cîteva cutremure de pămînt distrugătoare.

CONSTRUCTORII GĂSESC O SOLUȚIE

Șocurile subterane, chiar dacă sînt de aceeași intensitate și în aceleași terenuri, pot să provoace distrugeri diferite.

Această împrejurare a fost cunoscută şi de grecii din antichitate. Ei însă nu şi-o puteau explica.

In evul mediu clericii ignoranţi explicau menţinerea unei case şi distrugerea alteia învecinate prin manifestarea „voinţei Domnului".

Astăzi ştim că în această privinţă caracterul distrugerilor depinde de particularităţile constructive ale clădirilor.

Sînt cunoscute cazuri cînd în timpul unor mici cutremure de pămînt, unele clădiri de cărămidă sau de piatră capătă stricăciuni mari, în timp ce altele din imediata lor vecinătate, uneori mai puţin stabile, rămîn fără nici o fisură.

Acest fenomen, la prima vedere de neînţeles, se produce datorită rezonanţei.

Este ştiut din fizica elementară că dacă punem în mişcare un pendul suspendat, el va începe să se legene, sau, după cum se mai spune, va săvîrşi oscilaţii libere, al căror caracter depinde de dimensiunea şi greutatea lui. Dacă nu reînnoim şocul prin care punem în mişcare pendulul, oscilaţiile vor înceta după un anumit timp. Pentru ca oscilaţiile să continue este necesar ca periodic şocurile să fie repetate. In acest caz oscilaţiile vor depinde nu numai de caracterul pendulului, ci şi de o forţă exterioară, şi de aceea ele nu vor fi libere.

Dacă şocurile vor fi transmise pendulului la intervale de timp egale cu propria lui perioadă de oscilaţie, amplitudinea oscilaţiei pendulului va începe să crească repede. Acest fenomen reprezintă rezonanţa.

In felul acesta, pentru apariţia rezonanţei este necesar ca frecvenţele acţiunilor forţei exterioare să coincidă cu propriile oscilaţii ale obiectului respectiv.

Marele specialist în mecanică A. N. Krîlov istoriseşte: „...Mi se pare că în timpul războaielor napoleoniene din Spania, peste un pod trecea o unitate militară bătînd ferm pasul... Podul era suspendat cu lanţuri; pasul aprig bătut a coincis ca măsură cu perioada de oscilaţie a podului; amplitudinile au crescut într-atît, încît lanţurile s-au rupt şi podul s-a prăbuşit în apă... Acum vreo 30 de ani, în Petersburg, pe Fontanka, se afla un pod suspendat cu lanţuri, care se numea Podul Egiptean; peste el trecea un escadron al cavaleriei de gardă, nu-mi amintesc al cărui regiment: în perfectă ordine, caii bine antrenaţi ţineau cadenţa, bătînd excepţional pasul, care a coincis ca ritm cu oscilaţiile podului — şi atunci lanţurile s-au rupt, podul s-a prăbuşit în apă, au murit aproape 40 de oameni..."

Să ne întoarcem la cutremurele de pămînt. In timpul cutremurului de pămînt, dacă frecvenţa oscilaţiilor seismice coincide cu frecvenţa propriilor oscilaţii ale casei, apare fenomenul de rezonanţă. În astfel de situaţii clădirile pot suferi distrugeri importante chiar şi în cazul unor şocuri slabe. Sînt cunoscute multe cazuri cînd, datorită rezonanţei, case de cărămidă au fost distruse aproape pînă la ultimele cărămizi.

Un inginer modern, care proiectează clădiri în regiunile cu cutremure, calculează dimensiunile, construcţia şi greutatea clădirilor în aşa fel, încît propriile lor oscilaţii să fie cu mult mai mari sau mai mici decît oscilaţiile seismice.

Caracterul influenţei şocului subteran depinde nu numai de intensitatea lui, dar şi de unghiul sub care unda seismică ajunge la suprafaţa pămîntului.

Uneori şocuri verticale intense care vin din adîncul pămîntului sînt puţin primejdioase pentru imobile. Alteori, însă, chiar un mic şoc subteran, venit sub un anumit unghi spre suprafaţă, poate să determine distrugeri considerabile.

Explicaţia constă în faptul că intensitatea şocului subteran poate fi, după regula paralelogramului, descompusă în două componente: orizontală şi verticală. Cea mai primejdioasă pentru clădiri este acea parte a intensităţii care acţionează pe orizontală (fig. 64); ea provoacă răsturnarea coşurilor şi prăbuşirea pereţilor.

În afară de fisuri, surpări, determină uneori răsucirea unor obiecte situate izolat: sculpturi, monu-

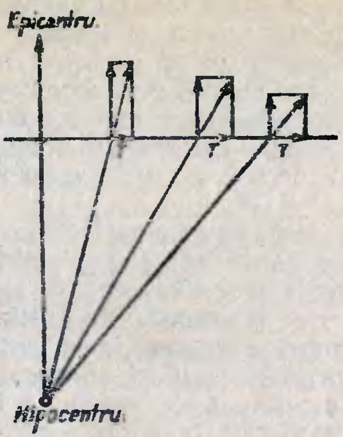


Fig. 64 — In caz de îndepărtare de epicentru fracțiunea componentei orizontale a undei seismice crește.

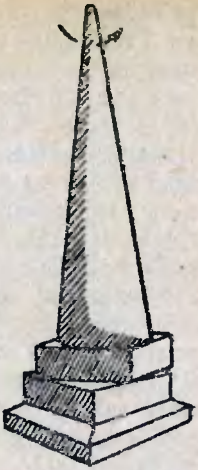


Fig. 65 — Deplasarea obeliscului din cauza unui șoc subteran.

mente, obeliscuri (fig. 65). Sînt dese cazurile cînd în timpul cutremurelor de pămînt sculpturile se răsucesc cu 180 de grade. Iată de ce, în proiectarea construcțiilor inginerii fac toate calculele, luînd în considerație acțiunea componentei orizontale.

EXPERIENȚA ARHITECȚILOR DIN ANTICHITATE

Istoria luptei omului împotriva urmărilor cutremurelor de pămînt își are începutul în adîncul veacurilor. Vechii constructori au obținut o serie de succese în crearea unor construcții rezistente la cutremure de pămînt sau, cum li se mai spune, construcții antiseismice.

Astfel, constructorii din Asia Centrală şi-au însuşit o înaltă măiestrie în acest gen de construcţii, bazată pe experienţa multor generaţii.

N. M. Bacinski, cercetînd istoria construcţiilor antiseismice din republicile Asiei Centrale, scrie că vechii constructori din Asia Centrală au fost convinşi că omul nu are mijloace de a rezista puterii cutremurelor de pămînt şi că numai materialele de construcţie şi construcţiile elastice sînt factori antiseismici eficienţi. Construcţiile din aceste regiuni, datînd din secolele X—XVI, au fost făcute din cărămidă arsă, întărită cu ipsos produs de băştinaşi — aşa-numitul *„gancia“*. Gancia era o soluţie elastică, care asigura antiseismicitatea clădirilor.

În Asia Centrală s-a mai folosit o metodă originală pentru a spori stabilitatea construcţiilor: se puneau sub fundamente saltele de argilă pură. Asemenea saltele, cu o înălţime de 60—80 de centimetri, erau aşezate pe fundul gropii de fundaţie, iar pe acestea se zidea fundamentul. Saltelele de argilă dădeau tensiunea şi elasticitatea necesară fundaţiilor.

Un foarte original fundament antiseismic se află sub mausoleul sultanului Sandjar din Merv. El nu se lărgeşte, cum se întîmplă de obicei, o dată cu adîncimea, ci, dimpotrivă, reprezintă un fel de trunchi de con întors cu baza în sus.

Multe construcţii din secolele III—VII din Asia Centrală sînt ridicate pe nisip, pe saltele de stuf. Aceste saltele reprezintă un strat de stuf aşezat deasupra zidăriei de cărămidă, adusă la suprafaţa pămîntului. Pe astfel de saltele au fost duraţi pereţii. Prezenţa stratului de stuf dădea posibilitatea unei deplasări de sine stătătoare a temeliei şi a părţii de la suprafaţă a construcţiei.

Constructorii din Asia Centrală au exclus din construcţiile lor coloanele de piatră instabile, dar în schimb au căpătat o largă răspîndire coloanele de lemn, aşezate original (fig. 66).

Popoarele Asiei Centrale folosesc pe scară largă încă din antichitate pereţi de lemn pentru scheletul caselor de locuit (fig. 67).

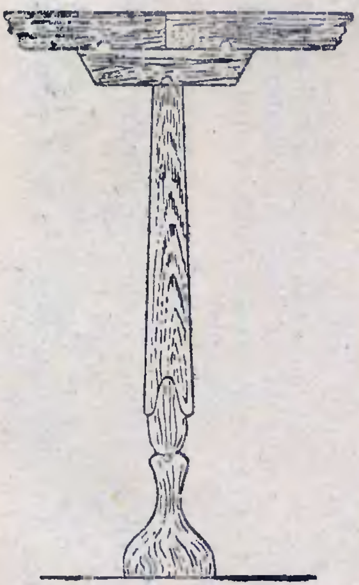


Fig. 66 — Coloane de lemn la construcțiile din Asia Centrală

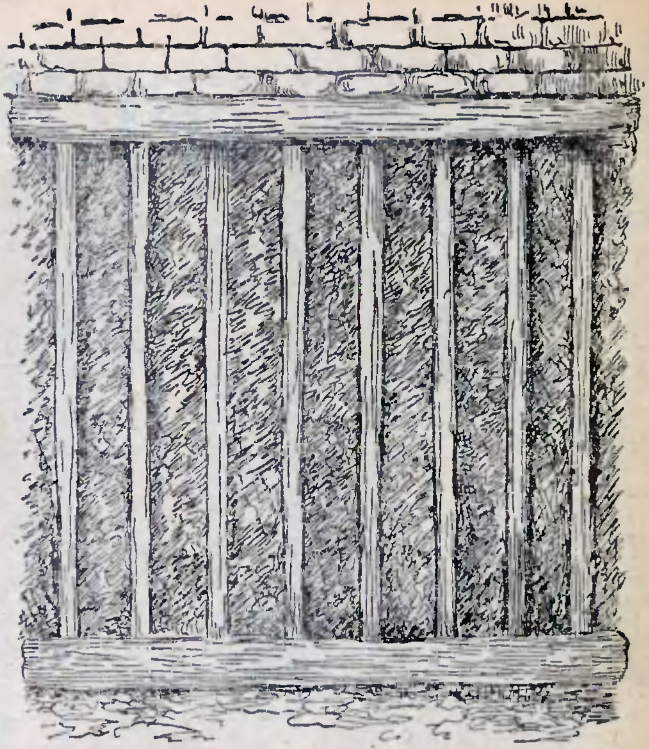


Fig. 67 — Schelet de lemn rezistent la șocurile subterane (după N. M. Bacinski)

În toate aceste cazuri pericolul apariției rezonanței scade simțitor; înțelepciunea vechilor constructori din popor a contribuit la menținerea pînă în zilele noastre a unor construcții de înaltă măiestrie artistică, ca mausoleul Fahr-ad-din Razi din orașul Kunea-Urghenci din R.S.S. Turkmenă, construit în secolul al XI-lea, geamia din Cior-Bahr din R.S.S. Uzbekă și alte sute de edificii monumentale (fig. 68).

O mare experiență în construcții antiseismice s-a acumulat de-a lungul multor milenii în China. Constructorii chinezi au găsit metode pentru a zidi construcții și edificii de mare rezistență. Nu putem să fim decît uimiți de unele construcții unice ca, de pildă, Pagoda Insian, durată în provincia Șansi, într-o zonă de cutremure frecvente și nimicitoare. Această pagodă, construită în anul 1056, atinge o înălțime de 64 de metri. Ea stă neclintită de peste 900 de ani, în pofida oricăror cutremure de pămînt.

Constructorii chinezi au creat un tip de clădiri de mare rezistență, denumit „dean" — un pavilion pa-

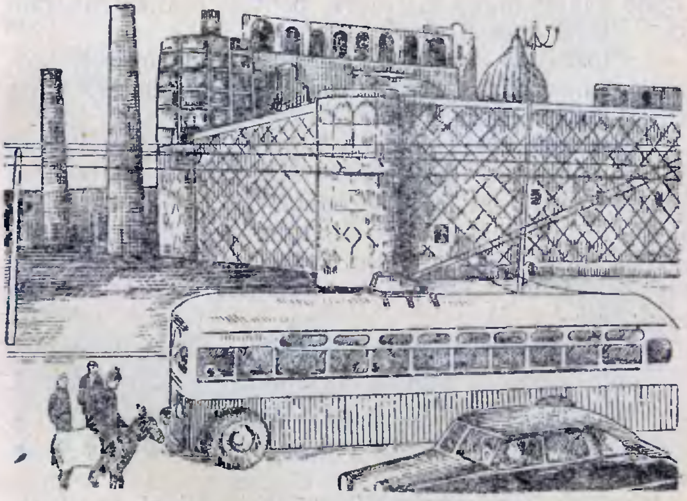


Fig. 68 — Școala teologică superioară musulmană „Șir-Dor" din Samarkand, secolul al XVII-lea.

trulater cu un singur cat. El se construiește din stîlpi și grinzi de lemn care se fixează pe un fundament de piatră rezistent. Pereții propriu-ziși nu sînt decît pereți despărțitori și nu au nici un rol la crearea stabilității întregii clădiri. Astăzi știm că o atare formă de carcasă este una dintre cele mai rezistente în timpul cutremurelor de pămînt.

Experiența construcțiilor antiseismice ale popoarelor din Orient este temeinic studiată de oamenii de știință și folosită în realizarea construcțiilor moderne rezistente din punct de vedere seismic.

CUM SE CONSTRUIESC CASELE CARE NU SÎNT AMENINȚATE DE CUTREMURE DE PĂMÎNT

Știința a izbutit să-i înarmeze pe constructori cu toate cunoștințele necesare pentru realizarea unor construcții stabile și sigure.

Au fost date anumite reguli, norme și proiecte speciale pentru construirea imobilelor în regiunile supuse cutremurelor de pămînt.

Experiența arată că materialele cele mai rezistente din punct de vedere seismic sînt lemnul și betonul armat. Mult mai slab se comportă zidăria de cărămidă. Cele mai nesatisfăcătoare materiale pentru construcții în condițiile unor șocuri subterane posibile sînt chirpiciul, cărămida de argilă nearsă și alte cîteva materiale.

Pentru construcții este de dorit să fie alese amplasamente alcătuite din roci stabile: calcare, gresii, argile dense și cu umiditate redusă etc. De asemenea, e de preferat ca apele freatice să fie situate la o adîncime cît mai mare.

În realizarea construcțiilor, arhitecții și constructorii trebuie să tindă pe cît posibil spre contururi mai simple în plan, fără nici un intrînd. Nu trebuie construite case foarte înalte. Dacă pe teritoriul construcției este posibil un cutremur de pămînt de 9 grade, casele cu carcase este de dorit să fie construite cu 3, maximum 4 etaje. Înălțimea construcțiilor de beton armat nu trebuie să depășească 30 de metri.

Pentru mărirea „rigidității“ construcției, casele sînt prevăzute cu carcase rezistente, din beton armat, cu centuri de beton armat între etaje (denumite de asemenea centuri antiseismice), care cuprind și întăresc clădirile pe perimetrul lor.

În unele cazuri sub fundații se așază saltele de nisip sau de pietriș.

CASA SUSPENDATĂ

Ce s-ar întîmpla dacă clădirea n-ar sta pe o fundație, ci ar fi suspendată? O astfel de casă-scrînciob nu se teme de nici un fel de cutremure de pămînt.

Inginerul sovietic F. D. Zolenkov a elaborat și a realizat proiectul unei asemenea clădiri-pendul. Pentru prima oară în lume, în centrul orașului Așhabad a fost construită o casă „suspendată“, cu trei etaje. Locatarii acestei case nu observă cîtuși de puțin suspendarea ei.

Casa are o structură interesantă. Deosebirea principală între ea și celelalte clădiri constă în amenajarea originală a fundației. Aceasta parcă ar fi tăiată în două părți. Partea inferioară, care reprezintă un fel de placă rigidă de beton armat, stă nemișcată pe teren. Pe ea sînt instalate console trapezoidale pe care sînt puse două grinzi de beton armat. De grinda superioară este suspendată cu ajutorul unui sistem de legături și arcuri metalice o a treia grindă. Aceasta este partea a doua — mobilă, a fundației. Pe ea se sprijină pereții clădirii.

Dacă o astfel de clădire va fi supusă unor şocuri subterane, partea inferioară — rigidă a fundaţiei, se va deplasa sub influenţa lor. Partea superioară suspendată a fundamentului, în virtutea inerţiei greutăţii pereţilor, a planşeelor, a acoperişului şi a altor construcţii de suprafaţă ale clădirii, va fi pusă încet în mişcare. Cu acest prilej o parte a impulsului seismic se va amortiza în suspensia elastică de arcuri-legături. Chiar şi în timpul cutremurelor de pămînt puternice, locatarii nu vor simţi decît o legănare lină.

Această nouă construcţie antiseismică este un prototip al viitoarelor construcţii din zonele cutremurelor de pămînt.

ESTE POSIBILĂ LUPTA CU ŢUNAMI?

Fenomenul de ţunami produce multe pagube malurilor mărilor şi oceanelor. S-ar părea că omul nu este în stare să oprească sau măcar să frîneze valurile îngrozitoare, care seamănă cu nişte munţi înaintînd necruţător din adîncurile oceanului.

Omul însă poate să lupte şi împotriva acestui fenomen catastrofal.

Oamenii de ştiinţă şi inginerii au propus multe mijloace de luptă împotriva ţunami. Printre acestea un loc de seamă îl deţin metodele mecanice: în calea valurilor gigantice sînt ridicate rambleuri de protecţie, moluri de beton armat şi pereţi pentru deviaţia valurilor (fig. 69).

Ca foarte bună este recunoscută metoda bancurilor de nisip artificiale. Bancul de nisip creat de-a lungul malurilor nu numai că frînează mişcarea valurilor uriaşe, dar reduce mult şi zona inundabilă.

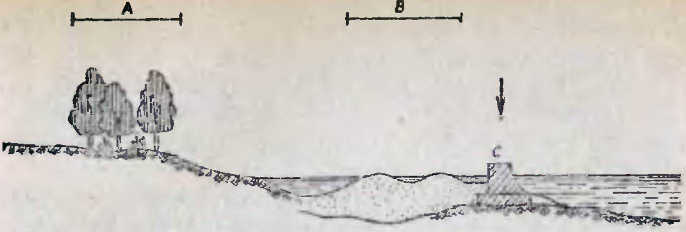


Fig. 69 — Lupta contra ţunami:
A — perdea forestieră, *B* — banc de nisip, *C* — dig pentru abaterea valurilor.

În unele cazuri pentru reducerea forţei distructive a valului se construiesc epiuri sau spărgătoare de valuri din beton armat; însă în majoritatea cazurilor acţiunea lor este puţin eficientă şi din acest motiv în prezent s-a renunţat la construirea lor.

O largă aplicare a căpătat în Japonia plantarea unor perdele forestiere de-a lungul malurilor. Pe de o parte, ele reduc întrucîtva intensitatea izbiturilor valurilor, iar pe de altă parte, reţin în timpul retragerii valurilor obiectele pe care acestea le antrenează.

Astăzi oamenii de ştiinţă lucrează la elaborarea unor noi mijloace eficiente de protecţie a malurilor în faţa incursiunilor distrugătoare ale valurilor ţunami.

CÎTEVA CUVINTE DESPRE MICILE TREPIDAŢII ALE SUPRAFEŢEI

Are vreo importanţă practică pentru construcţii studierea oscilaţiilor imperceptibile ale suprafeţei pămîntului?

La această întrebare trebuie să răspundem afirmativ.

Pe măsură ce știința și tehnica se dezvoltă, cresc și exigențele față de fundațiile pe care se află aparatele și mecanismele de înaltă precizie.

Aduceți-vă aminte cît este de necesară precizia în construirea sincrofazotroanelor sau la lansarea rachetelor de pe suprafața pămîntului pentru ca ele să ajungă la un anumit corp ceresc.

În cele dintîi, după cum se știe, are loc o accelerare a particulelor încărcate. Aceste particule, sub acțiunea cîmpului magnetic în continuă intensificare, gonesc cu viteză din ce în ce mai mare printr-un canal îngust. Este destul ca acest canal să capete o înclinare cît de mică, pentru ca particulele care gonesc cu o viteză cosmică să se piardă. Lucrul acesta impune exigențe foarte mari fundațiilor pe care se construiesc sincrofazotroanele. În proiectarea lor trebuie să se țină seama de cele mai neînsemnate oscilații ale suprafeței, ale căror amplitudini se măsoară în sutimi de milimetru.

S-ar putea enumera destul de multe aparate de precizie asupra cărora se exercită acțiunea oscilațiilor suprafeței imperceptibile pentru om.

Dezvoltarea rapidă a științei și tehnicii ne obligă să acordăm o atenție din ce în ce mai mare trepidațiilor mici — microseismice — ale suprafeței pămîntului.

OMUL FOLOSEȘTE TREPIDAȚIILE PĂMÎNTULUI

Cutremurele de pămînt sînt un dușman străvechi al omenirii. Ele au pricinuit în trecut și pricinuiesc și acum multe nenorociri și mari pagube materiale.

Pot fi puse fenomenele seismice în slujba omului?

S-a constatat că da, pot. Geofizicienii au elaborat și aplicat pe scară largă metode seismice de prospectare a minereurilor utile. Aceste metode sînt bazate pe studiul propagării undelor seismice provocate de explozii artificiale.

După cum știm, în diferite roci viteza de propagare a oscilațiilor seismice este diferită. Această deosebire în propagarea undelor este folosită în scopuri practice. Se procedează în felul următor. Într-un anumit punct al suprafeței se produce o explozie care generează unde seismice. La o oarecare distanță se instalează un seismograf. Știind lungimea distanței și timpul de parcurs al undei seismice, se poate stabili ușor viteza de propagare a șocului. Dacă vom schimba distanța dintre seismograf și punctul exploziei, vom obține date asupra structurii complexului, vom afla adîncimea la care se află rocile stabile și, de asemenea, vom putea rezolva o serie de alte probleme practice.

În ultima vreme metoda seismică se folosește cu deosebit succes pentru descoperirea zăcămintelor de minereuri de fier. Ea este folosită și în studierea structurii complexelor de terenuri, în construirea barajelor și a construcțiilor industriale.

Studierea complexelor de pămînturi se face nu numai cu ajutorul cutremurelor artificiale, ci folosindu-se și puternicele șocuri subterane naturale. Studiind caracterul propagării undelor seismice în timpul cutremurelor de pămînt, oamenii de știință au putut să obțină date referitoare la structura internă a Pămîntului, la existența unor strate de densitate diferită și de compoziție diferită în adîncurile globului pămîntesc.

Cunoscutul seismolog rus B. B. Galițin spunea în legătură cu aceasta că cutremurele de pămînt sînt un original felinar, care, aprinzîndu-se numai pentru o clipă, luminează subsolurile adînci ale Pămîntului.

În fine, observațiile asupra oscilațiilor suprafeței terestre ajută la descoperirea exploziilor atomice. Lucrul acesta face din metoda seismică o formă extrem de importantă de control asupra efectuării experiențelor cu bombe atomice.

PROCESELE EXOGENE ŞI FENOMENELE LEGATE DE ELE

ALUNECARI DE TEREN

RASFOIND PAGINILE INGALBENITE ALE LETOPISEȚULUI

Frumoase sînt malurile măreţului fluviu Volga! Şi deosebit de frumos este malul drept al rîului, pe care se află multe oraşe vechi: Iaroslavl, Gorki, Kazan, Ulianovsk, Kuibîşev, Saratov şi oraşul de două ori erou — Volgograd.

În zilele noastre Volga şi-a schimbat înfăţişarea. Munca oamenilor sovietici a făcut ca Volga să fie mai maiestuoasă şi mai frumoasă ca în trecut. Ea nu îşi iroseşte în van forţele-i gigantice. În drumul ei au crescut baraje şi centrale electrice puternice. Apele ei alimentează mările artificiale Rîbinskoe, Kuibîşev, Volgograd etc. Străvechiul fluviu rusesc îşi dă acum energia oamenilor sovietici — constructorilor luminoasei societăţi comuniste.

Sînt frumoase malurile Volgăi, dar mulţi nici nu bănuiesc că pitorescul mal din dreapta este de multe veacuri arena unei încordate lupte împotriva alunecărilor de teren.

Alunecările de teren pe Volga sînt generate de acţiunea unor factori externi ai pămîntului: vînt, apă, variaţii de temperatură, activitatea vitală a plantelor şi animalelor. Aceste procese sînt determinate, într-o mare măsură, de energia soarelui. Datorită acestui fapt, în geologie ele au căpătat denumirea de procese exogene (exterioare).

Un mare rol în evoluţia unei serii întregi de fenomene pe suprafaţa pămîntului îi revine omului. Construind lacuri de acumulare, durînd case, poduri, construind drumuri, pătrunzînd în subsolul pămîntului pentru a obține materie primă minerală, omul schimbă proprietățile rocilor, încalcă echilibrul creat. Aceasta atrage o serie întreagă de fenomene, ca alunecări de teren, surparea suprafeței, acoperirea cu mlaștini, secarea etc., care au căpătat denumirea de procese geologice-tehnice. În capitolul de față vom examina atît procesele naturale, cît și procesele geologice-tehnice.

Să răsfoim letopisețul de la Nijni-Novgorod din secolele al XV-lea și al XVI-lea. În paginile lui îngălbenite de timp se pot găsi istorisiri referitoare la alunecările de teren catastrofale ale malurilor înalte de la Nijni-Novgorod, care, în repetate rînduri, au alarmat populația. Astfel, în prima jumătate a secolului al XV-lea[1], în regiunea Nijni-Novgorod s-a produs o grandioasă alunecare a malului Volgăi. Populația a fost luată prin surprindere, întrucît această alunecare s-a petrecut în timpul nopții. Neașteptata alunecare a pricinuit moartea multor oameni. Letopisețul descrie această catastrofă astfel: „...Prin voința lui Dumnezeu, pentru păcatele noastre, dealul s-a prăvălit asupra mahalalei și a acoperit 150 de curți cu oameni, cu vite, cu tot".

Ceva mai tîrziu, în anul 1587, s-a produs o altă mare alunecare de teren în apropiere de Nijni-Novgorod. Ea a avut loc în sectorul unde se află mînăstirea Pecerski. Citām: „...Un deal a alunecat din stepa mare, și a pornit acel deal pe care se aflau o mînăstire și o pădure și a ieșit în Volga la vreo cincizeci de stînjeni, iar pe alocuri și mai mult. Și s-au făcut în Volga movile mari: corăbiile care se aflau pe apă lîngă mînăstire și acele corăbii s-au urcat pe mal, pe uscat, la vreo douăzeci de stînjeni de pămînt și mai mult, și după ce dealul s-a lăsat în jos, au țîșnit din deal izvoare mari".

Iată și o altă mărturie a letopisețului: „... Pămîntul s-a cutremurat sub mînăstire, monahii au ieșit în fugă și s-au oprit pe ridicături ; mînăstirea și bisericile s-au pierdut cu desăvîrșire și n-a rămas decît un singur stîlp de biserică... În același Nijni-Novgorod, în sus, pe rîul Oka, o mahala de 150 de curți a pierit fără urmă în pămînt, și n-a rămas în viață nici un om..."

---

[1] Datele istorice sînt extrase din culegerea „Alunecările de teren în regiunea cursului mijlociu și inferior al Volgăi", O.N.T.I., Moscova-Leningrad, 1935.

Orașul Vasilsursk, întemeiat în 1523 la confluența rîului Sura cu Volga, a fost complet distrus în anul 1556 în urma unei grandioase alunecări a unei părți din malul drept, mai înalt.

Alunecări se observă și astăzi pe malul drept înalt al Volgăi. Inginerii-geologi și constructorii sovietici au acumulat o mare experiență în lupta cu acest cumplit fenomen. Multe sectoare ale malurilor au fost întărite în urma unor eforturi de mai mulți ani. În ciuda acestui fapt, din cînd în cînd se produc alunecări de teren care aduc pagube mari în economia națională. Astfel, la 29 iulie 1955, în regiunea Ulianovsk s-a petrecut o alunecare de teren care s-a extins pe o suprafață de aproximativ un kilometru pătrat. Alunecarea a durat aproape șase ore și a cuprins partea de jos a orașului. Deplasarea pe verticală a ajuns pînă la 3 metri. În direcție orizontală ea a atins 3,5 metri. Au fost rupte și deplasate liniile de cale ferată. Un mare pod de lemn a fost rupt și scos din uz. După alunecarea terenului, pe masivul deplasat se puteau vedea case de lemn distruse și clădiri de cărămidă cu crăpături de 10—20 de centimetri lățime. Alunecarea a fost însoțită de un zgomot subteran caracteristic.

În cursul existenței sale, orașul Ulianovsk a înregistrat peste 25 de mari alunecări de teren.

ALUNECĂRI DE TEREN LA SARATOV

Nu mai puțin expus alunecărilor de teren este teritoriul orașului Saratov.

Deosebit de dese sînt alunecările de teren pe versanții dealului Sokolinaia, constituit dintr-o rocă fisurată, destul de afînată — gresie — dispusă pe strate argiloase care, umectîndu-se repede şi pierzîndu-şi stabilitatea, provoacă alunecări de teren.

Iată cum a descris A. P. Neceaev una din alunecările deosebit de distrugătoare din anul 1884: „...Încă cu cîteva zile înainte de catastrofă, pămîntul începu să alunece încet spre Volga, acoperindu-se la suprafaţă de crăpături şi movile. Noaptea se auzea cum pîrîie casele şi cum zăngăne geamurile sparte. În case pardoseala se ridica uşor, sobele căpătau crăpături. Observînd aceste fenomene nefaste, mulţi dintre locuitorii prevăzători şi-au părăsit în grabă casele. La orele 11, în dimineaţa zilei de 20 septembrie, mişcarea pămîntului s-a înteţit deodată, şi o parte mare din deal s-a prăvălit cu zgomot în rîu. În tot Saratovul pămîntul trepida, lămpile suspendate se legănau, ceasornicele s-au oprit, cîteva case mici situate pe malul abrupt al dealului Sokolinaia s-au desprins şi au căzut în prăpastie. Clădirile mari ale fabricilor şi uzinelor de aici s-au rupt în două, în trei, s-au aplecat într-o parte şi, mai tîrziu, unele dintre ele s-au prăbuşit..."

Drept rezultat al acestei alunecări de teren au fost distruse şi avariate peste 300 de clădiri.

Vom cita un alt caz de alunecare a unui mal din regiunea Saratov.

Pe malul drept, înalt al rîului Volga, se afla vechiul sat rusesc Fedorovka. Într-o noapte înăbuşitoare de iulie din 1889, populaţia satului a fost deşteptată de un fenomen neobişnuit. Pereţii caselor se clătinau, pămîntul se cutremura şi se umfla. Din adîncul pămîntului venea un vuiet surd. Locuitorii s-au repezit speriaţi pe uliţe. Ei au văzut cum satul împreună cu un întreg sector al malului se mişcă spre Volga. Această alunecare a fost destul de îndelungată. Deplasarea a durat aproape trei zile. Au fost complet distruse cîteva zeci de case, iar altele au suferit diferite stricăciuni. Suprafaţa pămîntului s-a schimbat cu desăvîrşire. Ea s-a acoperit cu depresiuni, fisuri, în unele locuri au apărut prăbuşiri, iar în altele — ridicări de teren.

După alunecarea de teren satul a fost mutat într-un loc nou, mai sigur.

UN „VULCAN“ LA SARATOV

În legătură cu alunecările de teren nu trebuie omisă o întîmplare interesantă legată de deplasările prin alunecare ale malului drept al rîului Volga.

În apropierea Saratovului se află satul Agrafenovka. Pe neaşteptate această mică aşezare a căpătat o largă faimă în rîndul locuitorilor din regiunea Volgăi de jos.

În anul 1909, în regiunea Volgăi s-a răspîndit grabnic vestea că la Agrafenovka are loc erupţia unui „vulcan“. Zvonurile căpătau proporţie. În jurul neobişnuitului eveniment au început să se brodeze noi şi noi amănunte fantastice şi absurde. Populaţia din împrejurimi era foarte speriată. Au apărut păreri precum că „vulcanul“ de la Agrafenovka este o continuare a cutremurului de pămînt de la Messina din anul 1908.

Spre locul evenimentului au început să se scurgă mii de oameni.

Cunoscutul savant rus A. D. Arhanghelski s-a deplasat la faţa locului şi a constatat că acest ciudat fenomen are drept cauză un incendiu subteran provocat de o alunecare de teren.

Incendiul a fost observat de populaţie pentru prima oară la sfîrşitul lunii februarie 1909. De atunci el a continuat aproape cinci luni. În diferite locuri, de sub pămînt ieşeau dîre de fum cu miros de sulf, care au şi fost luate drept degajări de gaze vulcanice. Pe suprafaţa unor sectoare nu se putea merge din cauza temperaturii înalte. Nu se putea circula decît cu ajutorul încălţămintei cu talpă groasă care apăra temporar picioarele de arsuri. Pe suprafaţa pămîntului s-au format mici pîlnii cu adîncimea şi lăţimea de aproape 0,5 m. Dacă în această pîlnie aruncai un băţ, el se aprindea imediat.

După cum a constatat A. D. Arhanghelski, cauza acestui incendiu subteran rezida în faptul că în urma unei alunecări de teren petrecute în anul 1908, aerul a început să pătrundă liber prin crăpăturile formate în rocile situate dedesubt. Printre aceste roci se găseau argile şistoase negre, bogate în substanţe organice combustibile. Rolul de amorsă l-a avut un mineral: pirita — sulfură de fier. Sub acţiunea oxigenului din aer, acest mineral este în stare să se oxideze energic, degajînd o mare cantitate de căldură. Fenomenul este prezent şi în regiunile exploatărilor de cărbuni din Donbas, unde haldele (movile piramidale de rocă sterilă din apropierea minelor) scot deseori fum şi chiar ard. Acest proces este de asemenea un rezultat al oxidării piritei.

Aşadar, la Agrafenovka argilele şistoase negre au luat foc, aprinse de pirita „perfidă". După terminarea incendiului, aceste argile negre au devenit, ca rezultat al arderii, roşii.

ALUNECĂRILE DE TEREN DE LA VOLGOGRAD

Pe malul Volgăi s-a ridicat legendarul oraş Volgograd.

Sectorul malului pe care se află Volgogradul este denumit de geologi Terasă caspică. Această denumire se datoreşte faptului că malul este alcătuit aici din depozite ale Mării Caspice. Deosebit de mari sînt complexele de roci sedimentare marine din partea de sud a oraşului.

Să ne apropiem dinspre rîu către malul drept situat în partea de sud a orașului. Deasupra noastră se înalță peretele aproape vertical al rîpei. In partea superioară a rîpei, sub un mic strat de argilă nisipoasă, se află un complex destul de mare de argile „de ciocolată". Știm că ele au o uimitoare capacitate de a se umfla în cazul umectării. Aceste argile au căpătat denumirea de argile de Hvalînsk (după vechea mare în care s-au acumulat ele). Grosimea stratului de argile de Hvalînsk variază de la 2—3 pînă la 10—12 și chiar mai mulți metri. Sub ele se află nisipuri cu granulație mică. Și acestea sînt depuneri ale Mării Caspice, denumite *hazariene*[1].

In partea centrală a orașului stratul de nisipuri hazariene este neînsemnat, iar în talazurile malurilor apar gresii afînate și mai vechi.

In multe locuri de sub argilele din nisipurile hazariene țîșnesc izvoare.

O astfel de așezare a argilelor și a apelor freatice este cît se poate de nefavorabilă. Ea a dus la aceea că ieșitura malului a devenit arena dezlănțuirii unor alunecări de teren (fig. 70). Majoritatea alunecărilor sînt relativ mici. Uneori, însă, alunecările de teren cuprind sectoare vaste. De pildă, în anul 1941, timp de 30—40 de minute, în Volga a alunecat un uriaș masiv de pămînt care avea în curmeziș aproximativ 220 metri. Înălțimea deplasării era de aproape zece metri. Această alunecare de teren a strămutat peste 150 000 de metri cubi de rocă.

Să ne plimbăm de-a lungul malului de la debarcader în jos, pe cursul Volgăi. In fața ochilor se desfășoară imaginea numeroaselor surpări și alunecări ale malului. Iată sectorul malului din fața silozului de cereale: stîlpi de telegraf aplecați, crăpături la clădirile de pe taluzul malului și, în fine, numeroase „circuri" de alunecare. Aceasta este denumirea pe care au căpătat-o locurile unde se produce desprin-

---

[1] De la etajul *hazarian*, denumire provenită de la hazari — neam care a locuit în regiunea bazinelor rîurilor Volga și Don (n.t.).

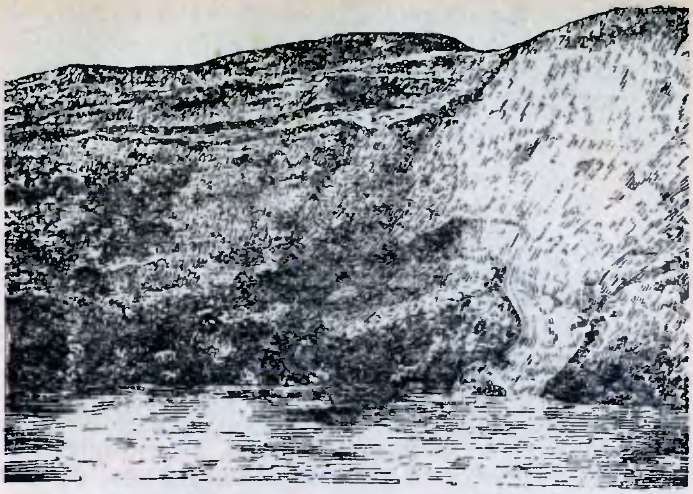


Fig. 70 — Mici alunecări de teren pe malul Volgăi, provocate de suberoziune.

derea şi alunecarea maselor de pămînt. Circurile sînt de obicei adîncituri rotunde în plan, de unde a şi venit denumirea de „circ“ (de la cuvîntul latinesc *circus* — circ).

Din pricina alunecărilor de teren are de suferit şi sectorul malului situat în centrul oraşului, în fața cheiului. Aici alunecările de teren au produs repetate stricăciuni scărilor şi unor clădiri. Amplasarea rațională a clădirilor mari în adîncul malului a fost salvatoare. În imediata apropiere a alunecărilor de teren se află un bulevard, ale cărui deformații sînt neînsemnate.

Dacă urmărim timpul celor mai intense deplasări ale malurilor de la Volgograd, vom rămîne surprinşi că, în majoritatea cazurilor, ele au loc după scăderea viiturilor pe Volga. Faptul acesta ne arată legătura dintre alunecările de teren şi revărsarea apelor de primăvară.

În combaterea alunecărilor de teren au fost consumate multe eforturi şi fonduri. Într-o serie întreagă de sectoare ale malului alunecările de teren au fost lichidate cu succes. Mai este nevoie însă de o muncă susținută pentru preîntîmpinarea definitivă a alunecării malurilor Volgăi.

FLAGELUL LITORALULUI MĂRII NEGRE

Natura a înzestrat cu generozitate litoralul Mării Negre în regiunea Caucaz. Aici există marea caldă și albastră, ape minerale, vegetație subtropicală extrem de bogată, și munți pitorești. Nu întîmplător vin să se trateze și să se odihnească aici zeci de mii de oameni ai muncii din toate regiunile Uniunii Sovietice. Din această cauză se extinde construcția unor noi case de odihnă, baze turistice și sanatorii. Noi sectoare sînt acoperite cu construcții. Dar tocmai aici îi pîndesc pe constructori deseori dificultăți mari.

Fapt este că fîșia îngustă a litoralului Mării Negre suferă dintotdeauna din pricina alunecărilor de teren. Acestea produc pagube mari. Alunecarea maselor de pămînt reduce teritoriul util pentru amplasarea stațiunilor climaterice, deteriorează căile ferate și autostrăzile, distruge plantațiile de culturi subtropicale, viță de vie, tutun (fig. 71).

Deosebit de mare este paguba pricinuită de alunecările de teren în sectorul cuprins între Tuapse și Suhumi.

Alunecările au cuprins și litoralul de lîngă Soci. În acest sector, cu puțin înainte de Marele Război pentru Apărarea Patriei, în urma unei furtuni puternice, au fost puse în mișcare sute de mii de metri cubi de teren, care, în zece minute, au alunecat în mare, distrugînd o serie întreagă de construcții ușoare.

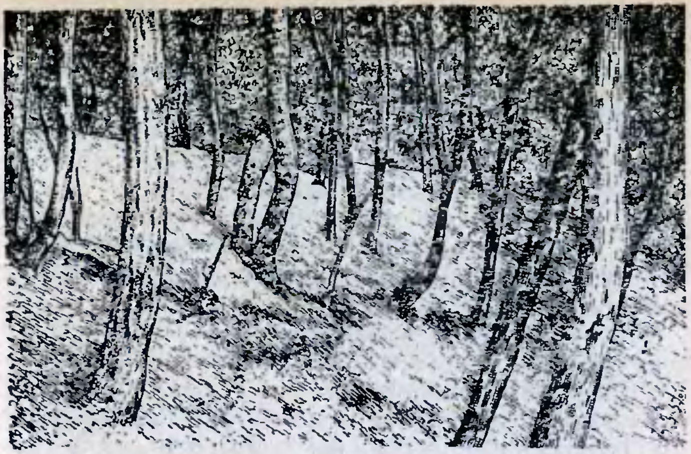


Fig. 71 — Forma tipică de sabie a copacilor pe o pantă afectată de alunecare.

Alunecările repetate ale litoralului au creat o serioasă amenințare pentru remarcabilul edificiu al orașului — noul teatru (fig. 72), care în timpul existenței sale (mai puțin de 25 de ani) s-a apro-

Fig. 72 — Teatrul din Soci.

piat mult de malul mării şi a ajuns în apropierea limitei alunecărilor de teren active.

După ce au studiat acest raion al oraşului, inginerii-geologi au ajuns la concluzia că alunecarea de teren este provocată atît de structura geologică specifică a sectorului, cît şi de intensa suberoziune a malurilor de către valurile mării.

Au fost luate cele mai hotărîte măsuri pentru a opri extinderea continuă a alunecărilor de teren în adîncul uscatului. În prezent, alunecările de teren în acest raion au fost lichidate.

Un alt sector al litoralului Mării Negre supus unei distrugeri intense din cauza alunecărilor de teren este regiunea Suhumi.

În structura geologică a zonei de litoral a acestui teritoriu intră în cea mai mare parte argile originale, cu un colorit de-un albastru-închis. Deşi rezistente în stare uscată, ele îşi pierd această proprietate cînd sînt umectate.

Este interesant că aceste argile sînt în stare să absoarbă apa într-o cantitate de 2—3 ori mai mare decît volumul lor.

Dacă vă veţi aminti de discuţia pe care am avut-o despre mineralele „invizibile", vă veţi explica uşor acest fenomen. Analiza mineralogică a acestor argile a arătat că în compoziţia lor intră mult montmorillonit.

După ploi torenţiale sau după ploi de lungă durată, aceste argile se umectează intens, şi pe pante iau naştere numeroase alunecări de teren. Acestea distrug drumuri, poduri, scări, case şi alte construcţii care intră în zona lor de acţiune.

Lucrările efectuate în aceste raioane pentru consolidarea terenurilor supuse alunecării au redus simţitor proporţiile unei asemenea calamităţi.

Una dintre cele mai frumoase regiuni însorite ale Uniunii Sovietice este malul de sud al Crimeei. Din această cauză regiunea respectivă este denumită „Perla Sudului". Ea se află printre cele mai bune locuri de tratament şi odihnă a oamenilor muncii.

Să cercetăm structura geologică a malului sudic al Crimeei. Masivul Munţilor Crimeei care se înalţă deasupra mării (înălţimea pînă la 1 500 de metri) constă în special din calcare. Sub masivul de calcare sînt dispuse şisturi argiloase cenuşiu-închise.

Aflorimentele acestor roci argiloase pot fi văzute în multe locuri de pe mal. În stare uscată şisturile sînt destul de stabile şi tari. Situaţia se schimbă însă cînd sînt umectate cu apă. Duritatea lor dispare fără urmă, şi ele devin plastice; iar în cazul unei umeziri mai îndelungate se lichefiază de tot.

În limitele zonei de litoral şisturile argiloase sînt acoperite de un complex destul de mare de aluviuni. Ca orice aluviune, ele sînt extrem de variate prin compoziţia lor. Predominantă este masa argiloasă, în care sînt impregnate sfărîmături de calcare, diorite şi alte roci tari.

Aceste aluviuni argiloase constituie baza maselor care alunecă. Cauza principală a deplasării lor este umectarea regulată provocată de precipitaţiile atmosferice şi de apele subterane. Sînt deosebit de abundente apele care se infiltrează prin crăpăturile masivelor de calcare. Apa de ploaie de pe vîrfurile plate ale Munţilor Crimeei pătrunde în crăpături şi în pîlniile carstice, după care, trecînd prin canalele subterane, aflorează lîngă culcuşul stratului de calcare şi umectează aluviunile argiloase.

Alunecările malului sudic al Crimeei au fost cunoscute încă din antichitate. Prima descriere a lor a fost făcută de academicianul rus Pallas, la sfîrşitul secolului al XVIII-lea.

În prezent, din cauza alunecărilor de teren suferă în mod deosebit raioanele Alupka, Opolznevoe şi Simeiz.

În aceste sectoare ale malului sînt dese cazurile cînd alunecă la zeci de metri în jos, spre mare, case de locuit, diferite clădiri şi chiar sate întregi. Se produc mari deplasări ale terasamentului căilor în jos pe pante, avarieri ale podurilor şi deteriorări ale conductelor.

Mari blocuri de roci tari (calcare, diorite) se prăbușesc de pe masivele muntoase pe suprafața aluviunilor argiloase și alunecă treptat pe acestea în mare.

În figura 73 se vede promontoriul de lîngă Palatul Vorontov din Alupka, format din blocuri de diorit care au alunecat.

În unele sectoare ale malului mării se pot observa alunecări de teren produse în rîpile de pe litoral, în care ies la suprafață șisturi argiloase de-un cenușiu-închis. În timpul ploilor de lungă durată și al furtunilor puternice șisturile sînt abundent umectate cu apă. Atunci se înregistrează alunecarea unor întregi masive cu aceste roci. Este interesant că direcția de mișcare a alunecării este perpendiculară pe planul de stratificare.

Aceste alunecări de teren cuprind de cele mai multe ori sectoare mici ale suprafeței pămîntului.

Statul sovietic alocă fonduri mari pentru combaterea alunecărilor maselor de pămînt din această re-

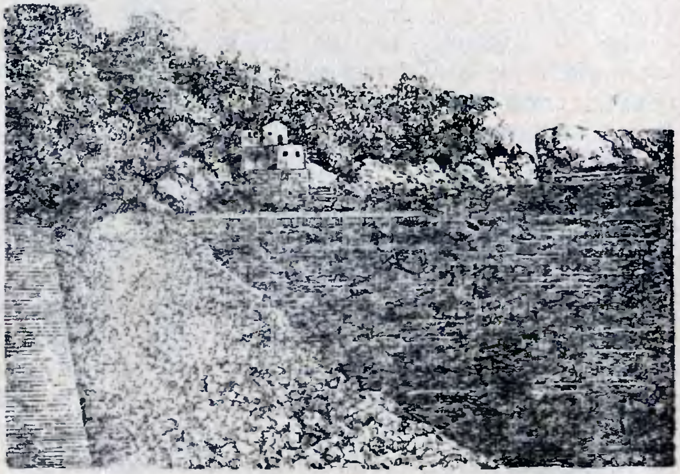


Fig. 73 — Promontoriul de lîngă fostul Palat Vorontov din Alupka, format din blocuri de diorit alunecate.

(foto G. Zolotarev)

giune. Stațiunea Ministerului Geologiei și Protecției Subsolului al U.R.S.S. pentru alunecări de teren, de pe litoralul de sud, efectuează observații și cercetări regulate ale mișcărilor pantelor.

Din an în an pe teritoriul litoralului sudic al Crimeei se execută lucrări tot mai complexe pentru consolidarea sectoarelor supuse alunecărilor. Amploarea acestor lucrări crește cu fiecare an.

ALUNECĂRI DE TEREN ÎN ALTE REGIUNI

Pantele alunecă nu numai pe Volga, în Crimeea și Caucaz. Alunecări de teren se întîlnesc pe malurile rîurilor Nipru, Don, Oka, Enisei și multor altor rîuri, de asemenea pe litoralul mărilor. Ele pot fi observate și pe versantele dealurilor, în adînciturile artificiale, în pereții gropilor de fundație, în văgăuni și rîpe.

Alunecările de teren sînt larg extinse și în alte țări ale lumii.

În mod deosebit suferă din pricina alunecărilor de teren țările Peninsulei Scandinavia: Suedia și Norvegia. Aici sînt dese alunecările catastrofale în argilele de Yoldia, care în stare umedă sînt capabile să se lichefieze fulgerător. Cu acest prilej apar alunecări de teren care cuprind sectoare cu o lungime de sute și chiar mii de metri. Viteza de deplasare a lor este atît de mare, încît în momentul unei alunecări de teren mașinile care circulă pe autostrăzi suferă avarii, iar trenurile de pe liniile ferate se răstoarnă.

Sînt cunoscute numeroase alunecări mari de teren în America de Nord. Astfel, în regiunea Frank Alberta (Canada), în anul 1903 a avut loc o alunecare a unui masiv de calcar în sens opus direcției stratelor, provocată de deplasarea rocilor pe crăpături

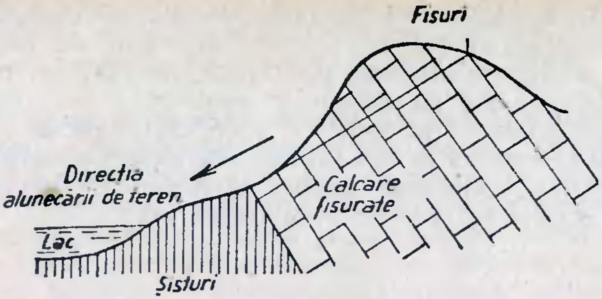


Fig. 74 — Schema alunecării calcarelor din Frank Alberta.

umplute cu masă de argilă (fig. 74). Cu acest prilej s-a deplasat o masă de roci avînd un volum de peste 30 de milioane de metri cubi.

Proporții și mai mari a luat o altă alunecare din America de Nord, care a căpătat denumirea Gross Ventr. Aceasta a provocat deplasarea unor mase de pămînt cu un volum de 35 de milioane de metri cubi.

Bine cunoscute sînt alunecările de teren catastrofale din Elveția.

Deosebit de tristă este istoria alunecărilor de teren de pe malurile line ale lacului Zug. Una din aceste catastrofe s-a petrecut în noaptea din 5 iulie 1887.

Pe neașteptate, în timpul nopții a început să se deplaseze o mare fîșie de mal. Malurile înfloritoare ale lacului, în verdeața cărora se ascundeau sute de case și vile, au prins să răsune de strigătele și plînsetele oamenilor care piereau. Zeci de clădiri au fost distruse. In ruinele lor au murit mulți locatari. Prin alunecarea de teren s-au pus în mișcare peste 150 000 de metri cubi de pămînt. Masa de teren rarefiat s-a deplasat în lac și a alunecat pe panta fundului lui, răspîndindu-se pe o distanță de peste o mie de metri de la malul lacului.

Cauza care a provocat această alunecare a fost neașteptata lichefiere a unor complexe groase de terenuri mîloase-argiloase saturate cu apă, din care este constituit malul. Se consideră că la rarefierea terenurilor a contribuit baterea în acel moment a unor piloți. Întreaga parte de mal a lacului Zug se afla însă într-o stare instabilă, datorită supraîncărcării suprafeței ei cu pămînt de umplutură și cu construcții. Un rol apreciabil l-a avut și presiunea dinamică a apei freatice, al cărei curent era îndreptat spre partea lacului.

Într-o altă regiune a Elveției — Goldau — s-a produs o alunecare de teren tot atît de catastrofală, în timpul căreia a alunecat pe direcția înclinării stratelor o porțiune imensă : lungă de 1,5 kilometri, lată de 300 de metri şi groasă de 32 de metri. Cantitatea de rocă dislocată a fost de aproximativ 30 de milioane de tone.

Mari alunecări de teren sînt cunoscute de asemenea în China, India, Australia, America de Sud. Ele se întîlnesc pretutindeni unde există condiții favorabile apariției lor.

DE CE APAR ALUNECĂRILE DE TEREN ?

Acum o sută de ani lumea nu cunoştea cauzele alunecărilor de teren. Lucrul acesta l-au folosit oamenii bisericii, care afirmau că alunecările de teren sînt o pedeapsă din partea lui Dumnezeu.

Oamenii de știință au studiat detaliat acest fenomen natural și au stabilit că alunecarea terenurilor de pantă este determinată nu de o cauză, ci de mai multe. În fiecare caz concret acționează anumite forțe, care pun în mișcare masele de pămînt.

Printre numeroase cauze se poate semnala ca principală perturbarea stabilității mecanice a versanților. Pentru apariția alunecării de teren este necesar ca suprafața să fie înclinată. Pe măsură ce crește unghiul de înclinare a sectorului, crește și primejdia dezvoltării unei alunecări de teren.

În ce rezidă cauza unei atari influențe a înclinării ?

Explicația constă în faptul că în masivul de teren acționează întotdeauna forța de gravitație. După cum se știe, ea este orientată spre centrul Pămîntului.

Să ne închipuim că versantul formează un anumit unghi cu planul orizontal. Atunci forța de gravitație, perpendiculară pe plan, va forma, de asemenea, un unghi în raport cu versantul (fig. 75).

Potrivit regulii paralelogramului, forța de gravitație se descompune în două componente (fig. 76) : prima este îndreptată pe versant (s-o notăm cu litera T), iar a doua este perpendiculară pe el (forța N). Se poate observa ușor că forța T va tinde să împingă terenul în jos, iar forța N va apăsa terenul spre pantă, frînîndu-i alunecarea.

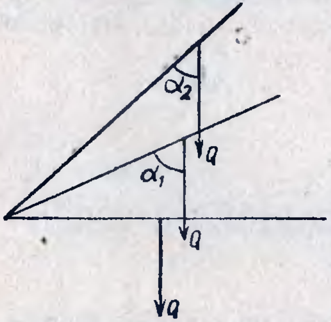


Fig. 75 — Forța de gravitație orientată spre centrul Pămîntului formează un unghi cu versantul.

Să încercăm acum să schimbăm mărimea înclinării, așa cum se arată în figura 77. Observăm că cu cît înclinarea este mai mare, cu atît mărimea forței de împingere T devine mai mare, iar mărimea forței de reținere N — mai mică.

Acesta este rolul înclinării în mărirea forței care împinge masa de teren în jos pe versant.

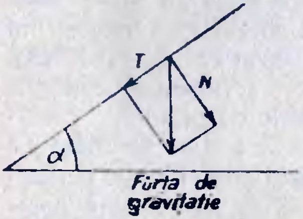


Fig. 76 — Componentele forței de gravitație a terenurilor unui versant.

Se naște întrebarea : ce forțe există în teren, care să se opună dislocării și alunecării maselor de roci ?

Să luăm un masiv de granit compact : oricît l-am înclina, în el nu vor apare fracturi şi alunecări. Lucrul acesta se datorește faptului că toate granulele rocii au între ele legături rigide foarte stabile.

Vom încerca acum să înclinăm un vas de acvariu în care am turnat nisip. Pe măsură ce crește înclinarea, nisipul începe să se deplaseze, ocupînd de fiecare dată taluzuri din ce în ce mai line (fig. 78). O deplasare atît de lesnicioasă a boabelor de nisip se produce ca urmare a faptului că între ele nu există legături. Particulele de nisip se mențin una lîngă alta numai sub acțiunea frecării, care depinde de coeficientul de frecare internă a terenului. Afară de aceasta, forța de frecare depinde, de asemenea, de presiunea care strînge firele de nisip unul spre celălalt.

Dacă ne vom întoarce la taluzul care alunecă, aici presiunea va fi egală cu forța N.

Să vedem acum forțele de rezistență la deplasare, care acționează în argile.

În terenurile argiloase, la fel ca și în nisipuri, între particule acționează forțe de frecare, dar importanța lor este redusă.

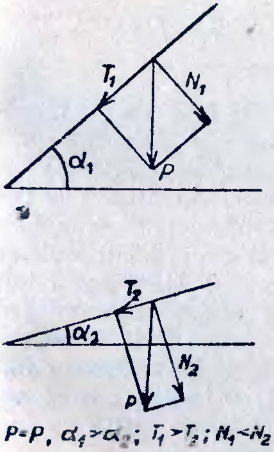


Fig. 77 — Mărimea componentelor se schimbă în funcție de înclinarea suprafeței.

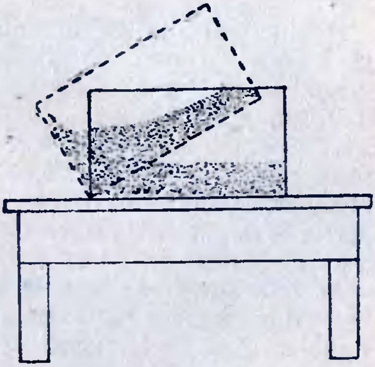


Fig. 78 — Modificarea înclinării vasului de acvariu forțează deplasarea nisipului din el.

Să încercăm să rupem argila trăgînd-o în părți. Dacă roca este uscată, e puțin probabil că vom reuși s-o rupem. Umectînd însă treptat terenul argilos, am putea ajunge la un moment dat cînd bucata se va întinde ușor, ca ceara, și se va rupe.

Această experiență ne arată că în argile există o forță de coeziune, care împiedică ruperea terenurilor; mărimea ei se reduce pe măsura umectării. Forța de coeziune este rezultatul acțiunii atracției moleculare dintre cele mai fine particule argiloase. Prin ea se determină mărimea rezistenței argilelor la deplasare și alunecare. Micșorarea coeziunii în cazul umectării duce la scăderea stabilității masivelor argiloase și la o alunecare ulterioară.

Pe lîngă aceste cauze principale, care provoacă alunecările de teren, un rol mare pot să-l joace și fenomene ca tixotropia, zguduirile seismice și sufoziunea.

APA — DUȘMANUL VERSANȚILOR

Ploaie măruntă de toamnă. Șuvițele de apă, găsind fisuri și pori, se infiltrează cu stăruință prin granulele rocilor în subsolul masivului. Chiar și cei mai fini pori capilari ai terenului constituie căi potrivite pentru deplasarea lor. Umplînd porii, apa mărește greutatea rocilor. Acționînd asupra particulelor argiloase, umiditatea reduce simțitor stabilitatea lor, perturbă legăturile dintre ele. Toate acestea creează condiții pentru formarea unor alunecări de teren.

Perfida șuviță de apă de ploaie își desfășoară imperceptibil munca sa distructivă. În multe cazuri activitatea ei, care la prima vedere pare lipsită de importanță, duce la alunecarea versantului.

Nu mai puțin primejdioase pentru versanți sînt și apele subterane. Pătrunzînd în terenuri, ele exercită asupra lor aceeași acțiune ca și precipitațiile atmos-

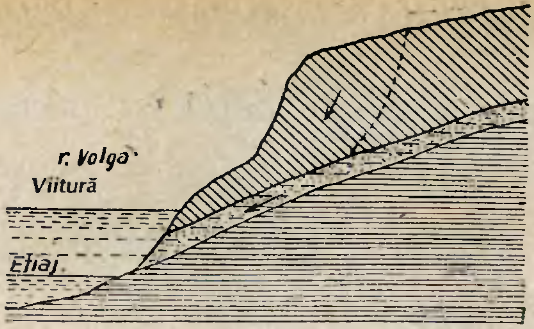


Fig. 79 — Schema formării unei alunecări de teren datorită sufoziunii în Volgograd.

ferice. Totuși, apele subterane sînt și mai primejdioase pentru versanți, întrucît ele provoacă sufoziunea și determină o presiune hidrodinamică în taluzuri. Alunecările de teren provocate de sufoziune sînt un fenomen răspîndit.

Ca exemplu pot servi unele alunecări de teren din regiunea Volgogradului. Am văzut mai înainte că aici, sub argilele „de ciocolată“, se află dispus un strat de nisipuri hazariene, înclinat spre partea rîului. În nisipuri se constată un nivel scăzut al apelor subterane. În anotimpurile obișnuite nisipurile se găsesc mai sus de nivelul apei din Volga (fig. 79). Primăvara, însă, în timpul viiturilor, nivelul apei se ridică mai sus de aflorimentul nisipurilor. O atare inundare duce la sistarea scurgerii apei subterane în rîu. În nisipuri se acumulează treptat cantități mari de apă. Cînd viitura descrește, apa se îndreaptă spre afloriment, atrăgînd după sine particule de nisip ; se scot astfel în albia rîului mii de tone de nisip. Lucrul acesta diminuiază stabilitatea stratului si provoacă alunecarea argilelor plastice „de ciocolată“ dispuse deasupra.

Iată de ce lupta cea mai eficace împotriva alunecărilor de teren prevede înainte de toate abaterea precipitațiilor atmosferice și a apelor subterane de la masiv.

Închipuiţi-vă că pe o scîndură foarte înclinată se află un obiect oarecare. Pentru ca obiectul să nu se rostogolească sau să nu alunece, pe scîndură este bătută o şipcă transversală. Dacă o îndepărtăm, obiectul se va rostogoli în jos. Un fenomen asemănător se observă la un versant dacă talpa lui este roasă de un rîu sau de mare. Sprijinul maselor de pămînt dispare, şi versantul, pînă atunci stabil, se va pune inevitabil în mişcare.

O atare alunecare de mase de pămînt este larg răspîndită pe ţărmurile mărilor şi rîurilor. Multe alunecări de teren de pe litoralul Mării Negre se produc drept rezultat al spălării malurilor la izbirea valurilor (fig. 80). Lovitura valului mării în timpul unei furtuni poate să atingă o forţă nimicitoare (fig. 81). Au fost înregistrate lovituri ale valurilor date cheiurilor cu o forţă pînă la 30 000 de kilograme

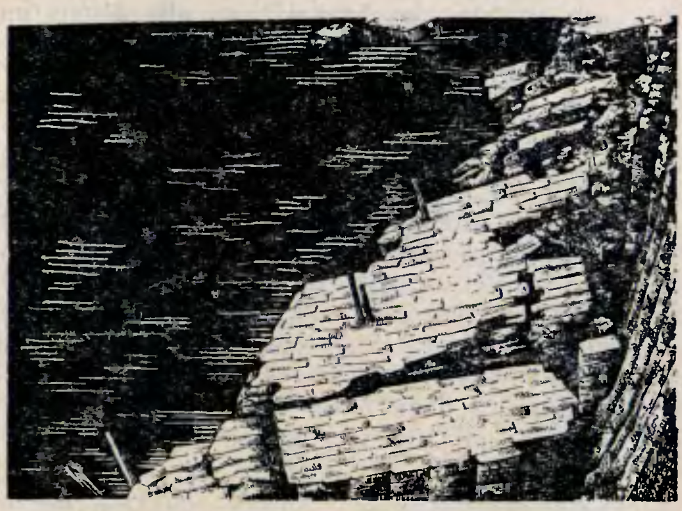


Fig. 80 — Chei distrus de loviturile valurilor.

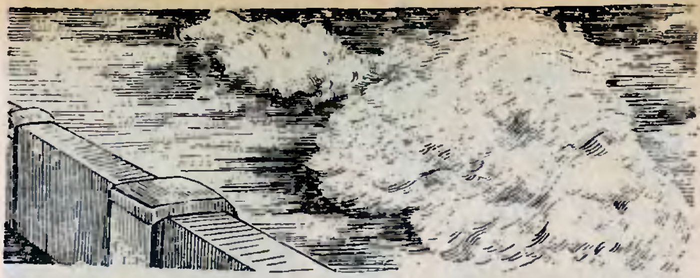


Fig. 81 — Spargerea valurilor în timpul unei furtuni lîngă țărmul de la Soci.

pe metru pătrat de suprafață. Sub acțiunea acestor lovituri se deplasează ușor blocuri cu o greutate de zeci de tone.

Sînt numeroase cazurile cînd valurile deplasează masive de beton armat de mai multe tone. De pildă, în regiunea orașului Soci, valurile au spart în timpul furtunii și au deplasat din chei blocuri de beton de mai multe tone; la Novorossiisk furtuna a smuls din malul de est două masive. cîntărind fiecare cîte 40 de tone. În portul Amsterdam, un masiv de beton de 20 de tone a fost ridicat la o înălțime de aproape 4 metri și azvîrlit pe chei. În Scoția, în timpul unei furtuni, valurile au deplasat cu 4 metri un dig de 800 de tone.

Lovindu-se de un obstacol, valul mării formează jeturi de apă care se ridică la zeci de metri. Pe insula Vist, în timpul unei furtuni jeturile de apă de acest fel au spart felinarul farului aflat la o înălțime de 60 de metri.

Avînd o energie așa de mare, loviturile valurilor execută o însemnată activitate distrugătoare. Spălînd permanent malurile, valurile le distrug, creînd condiții favorabile pentru apariția alunecărilor și prăbușirilor de teren (fig. 82).

Acționînd împreună, spălarea și alunecarea rocilor accelerează retragerea țărmurilor mării. În regiunea Odesei, în ultimii 50 de ani malul s-a retras în adîncul continentului cu aproape 45 de metri, iar

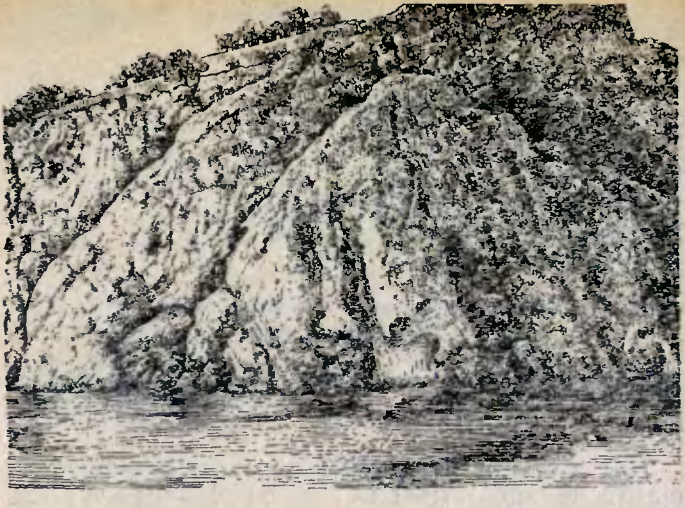


Fig. 82 — Coroziunea malurilor stîncoase prin loviturile valurilor.

lîngă Soci, ca rezultat al numeroaselor alunecări de teren și al abraziunii (eroziunii), linia țărmului s-a deplasat în 20 de ani cu 15—40 de metri.

Un exemplu grăitor îl poate constitui insula Gotland. Odinioară ea a fost un sector mare și înfloritor al uscatului, cu o suprafață de peste 900 de kilometri pătrați; acum însă nu este decît o mică insulă stîncoasă cu o suprafață de cîțiva kilometri pătrați.

În Uniunea Sovietică au fost create o serie de mări artificiale: Marea Moscovei, Rîbinskoe, Kuibîșev, Volgograd, Țimleansk etc.

Apele lor s-au revărsat pe întinderi largi. Acolo unde era uscat, acum se leagănă valurile. S-a format o nouă linie a țărmului. Echilibrul de dinainte a fost încălcat. Noile țărmuri sînt energic atacate de valuri (fig. 83). Acest proces important din punctul de vedere al economiei naționale, pentru valorificarea malurilor bazinelor de reținere a apei, a fost denumit proces de remanierea malurilor. În fața geologiei tehnice s-a pus problema să se clarifice pînă la ce limite se va desfășura distrugerea malului și unde se va întinde linia mai mult sau mai puțin stabilă a țărmurilor. Răspunderea în rezolvarea acestei probleme este cît se poate de mare. Doar pe maluri vor fi construite orașe, sate, uzine. Ele trebuie să fie amplasate în afara zonei periclitate de apă.

Geologii sovietici au rezolvat cu succes această problemă. S-a stabilit că malurile sînt supuse remanierii timp de cîțiva ani și cel mult timp de decenii. Caracterul procesului depinde de relief, de compoziția rocilor, de regimul hidrogeologic, de climat și de alți cîțiva factori.

Malul stabilit se formează ca rezultat al proceselor de erodare, de alunecare a malurilor și de acumulare a depunerilor. Viitoarea linie stabilă a țărmurilor va trece la zeci de metri mai departe în adîncul uscatului față de poziția ei în momentul creării bazinului de reținere a apei.

Observațiile făcute asupra țărmului Mării Țimleansk au arătat că după umplerea ei malurile de

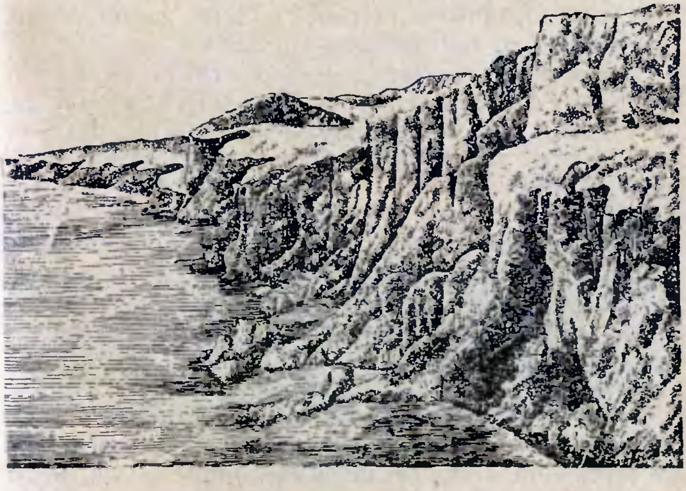


Fig. 83 — Remanierea malului unei mări artificiale.

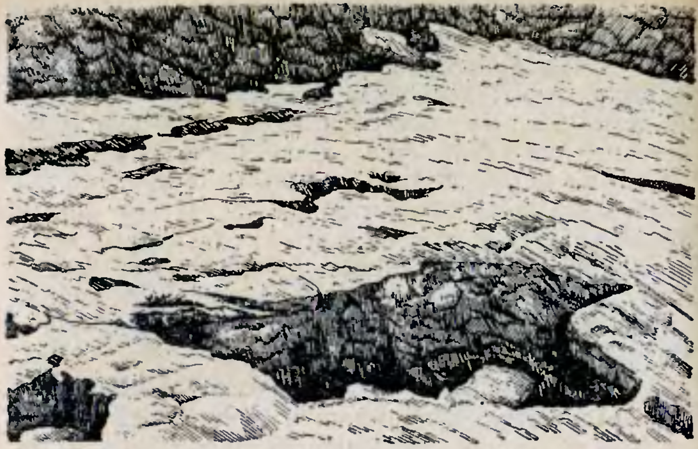


Fig. 84 — Erodarea rocilor tari de şuvoaiele rîului.

loess s-au retras sub acţiunea valurilor şi a alunecărilor de teren cu 15—20 de metri.

Dar malurile nu sînt distruse numai de loviturile valurilor. Cine dintre noi n-a admirat fuga impetuoasă a şuvoaielor din rîuri? Zi de zi, an de an, rîurile spală şi rod malurile (fig. 84).

Cu deosebită energie acţionează rîurile de munte. Să luăm de exemplu rîul Kuban, un rîu cu un debit mare de apă. Apele acestui rîu izvorăsc din versantul nordic al Munţilor Caucaz, lîngă Elbrus, de unde se îndreaptă spre întinderile Cîmpiei Precaucaziene. Curgerea vijelioasă distruge malurile. Viteza acestui proces poate fi apreciată după observaţiile efectuate în regiunea Krasnodar (lîngă fosta staniţă Paşkovskaia). Aici, datorită erodării de către apă şi a prăbuşirilor malul înalt de loess al rîului se deplasează în fiecare an cu 10—20 de metri.

Fondatorul şcolii sovietice de geologie tehnică, F. P. Savarenski, descrie erodarea şi surparea malurilor unui alt rîu — Amu-Daria: „...În ultimele zile ale lunii iunie 1936, locuitorii cătunului Turtkul de pe malul drept al Amu-Dariei s-au trezit noaptea tîrziu din pricina unui trosnet şi huruit îngrozitor. Seara, distanţa de la case pînă la malul rîului era de 7—10 metri. Noaptea, apa a erodat malul și a venit pînă aproape de case. Locatarii a trei case aflate foarte aproape de apă s-au trezit cînd faţadele locuinţelor lor de argilă se prăbușiseră în rîu. Acum vreo 20 de ani Amu-Daria curgea la 10 kilometri de Turtkul. În 1905 malul drept al rîului se găsea în faţa hotarului Şirim, iar în anul 1915 aici se afla deja malul stîng. În zece ani rîul s-a deplasat spre dreapta cu 6 kilometri..."

Își erodează energic malurile și puternica Volgă. Lîngă Beketovka (raion al orașului Volgograd), malul drept al Volgăi s-a retras în 10 ani aproape cu 15 metri. În apropierea staniţei Kamennîi Iar, malul Volgăi, alcătuit din nisipuri și terenuri argiloase, se retrage în fiecare an aproape cu un metru. Această retragere este însoţită de formarea unor alunecări de teren de mărimea unei case cu două etaje.

În aceste cazuri lupta împotriva alunecărilor de teren presupune în primul rînd preîntîmpinarea erodării malurilor.

PREVENIREA ALUNECĂRII DE TEREN

S-ar putea face ceva, încît chiar și versanţii relativ abrupţi să stea ferm și să nu alunece?

Oamenii de știinţă și inginerii au reușit să obţină succese mari în rezolvarea acestei probleme.

Studierea elementelor ce duc la apariţia alunecărilor de teren a arătat că de cele mai multe ori cauza care favorizează alunecarea versanţilor este încălcarea condiţiilor naturale formate de-a lungul multor secole.

Distrugerea vegetației, ridicarea stratului superior al solului în cazul lucrărilor terasiere, amenajarea pe pante a rambleelor și debleurilor — duce la perturbarea stabilității mecanice și la infiltrarea apei de ploaie în teren.

Uneori alunecarea de teren poate să se producă în timp ce se construiește un drum care intersectează părțile inferioare ale versanților, așa cum se arată în figura 85.

Iată ce s-a întîmplat pe Don, pe malul drept, supus alunecării. Tocmai începuse amenajarea unei linii ferate pentru instalarea unei macarale-turn. Montarea liniei se făcea lîngă culcușul unui versant. Pentru a se asigura poziția perfect orizontală a liniei, a fost nevoie ca în versant să se sape un debleu de un metru. Noaptea, în acest sector s-a produs o alunecare de teren care a provocat stricăciuni nu numai macaralei instalate, ci și unor clădiri construite pe versant.

Este primejdioasă, de asemenea, și mărirea greutății terenurilor care alcătuiesc versantul. Lucrul acesta se întîmplă cînd pe versant se construiesc anumite clădiri sau cînd circulă garnituri de tren. Atunci, la greutatea terenurilor se adaugă greutatea

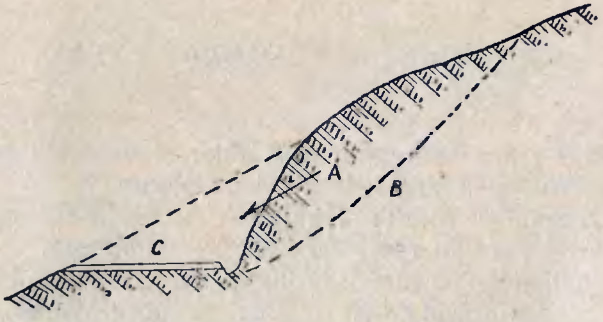


Fig. 85 — Debleul de la partea inferioară a versantului duce la perturbarea echilibrului:
A — forța care provoacă alunecarea, *B* — suprafața de alunecare, *C* — debleul drumului.

clădirilor, locomotivelor și vagoanelor. Ca o consecință a suprasolicitării versantului poate să se producă o alunecare de teren.

De aici, concluzia : pe versanții periclitați de alunecări de teren este mai bine să evităm a încălca condițiile naturale existente. Pe acești versanți trebuie să se ia măsuri preventive raționale, care să preîntîmpine apariția alunecărilor de teren.

Dacă însă pe pantă s-au dezvoltat alunecări de teren, aplicarea măsurilor preventive poate să nu dea rezultate, sau să le dea abia după cîțiva ani. În acest din urmă caz este greu să se garanteze că alunecarea de teren va fi într-adevăr oprită.

Anterior s-a mai vorbit despre rolul mare pe care îl au apele de ploaie și cele subterane la formarea alunecărilor de teren.

Ce trebuie făcut pentru abaterea apei de ploaie de la un taluz ? Această problemă se rezolvă optim prin săparea în drumul apei de ploaie a unor rigole pe curba de nivel şi prin amenajarea unor diguri de împrejmuire. Aceste construcții se amplasează în curmezișul versanților. Şuvoaiele de apă, ajungînd la ele, își schimbă direcția și sînt drenate în rîpile sau văile din vecinătate.

Mult mai grea este lupta împotriva apelor subterane. Atunci cînd ele sînt cauza principală în virtutea căreia se produc alunecările de teren, este nevoie să se execute lucrări deseori costisitoare pentru abaterea lor. În multe cazuri se întîmplă ca, sistînd accesul apei subterane spre terenul supus alunecării, să se preîntîmpine deplasarea pe viitor a terenului, fapt care i-a determinat pe oamenii de știință și pe ingineri să creeze metode dintre cele mai variate pentru a capta apele subterane şi a le drena cît mai departe de masivul supus alunecării. Dintre acestea se aplică pe scară largă săparea unor șanțuri sau a unor transee adînci care se excavează de sus în jos pe pantă. Pe fundul lor se așază materiale care lasă apa să treacă ușor (piatră, pietriș, piatră spartă). Apa vine

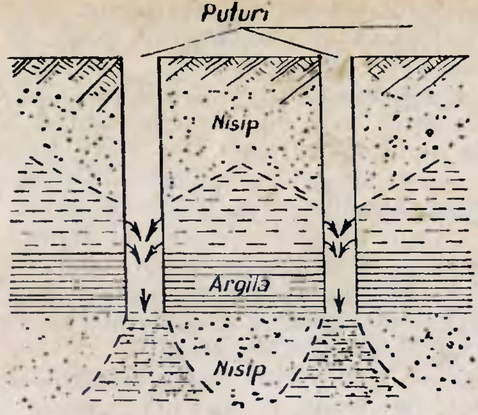


Fig. 86 — Apa din stratul superior coboară în nisipurile situate mai jos prin puțuri absorbante.

într-un astfel de șanț de la suprafață și din masivul de terenuri, după care este evacuată din el.

În alte cazuri se amenajează un drenaj subteran special — o construcție care captează apa. Ca exemplu de construcții de acest fel pot servi galeriile de drenaj — galerii subterane care sînt săpate de-a lungul versantului. Aceste galerii ies la suprafață în rîpile, văgăunile sau văile rîurilor din apropiere. Dacă acestea din urmă lipsesc, galeriile sînt legate de puțuri colectoare speciale, din care apa este evacuată din cînd în cînd cu ajutorul unor pompe.

Se întîlnesc, de asemenea, cazuri cînd apele subterane, care se acumulează în adîncul terenului supus alunecării deasupra unui strat argilos-hidrofug, pot fi abătute în interiorul masivului, săpîndu-se în argilă puțuri sau sonde. Lucrul acesta se poate face numai atunci cînd sub argilă există un strat de nisip destul de gros (fig. 86), prin care se lasă în jos apa. Acest fel de puțuri și sonde poartă denumirea de absorbante.

În lupta eternă dintre mare și uscat a intervenit omul. El apără fiecare petic de pămînt pe care îl răpește marea în raioanele orașelor, în așezările sătești cu populație densă și în stațiunile climaterice. Știința a creat multe metode originale și de mare eficacitate în combaterea distrugerii țărmurilor mării și a malurilor rîurilor.

Dacă ați avut prilejul să vizitați litoralul Mării Negre în Caucaz, în regiunea Tuapse-Soci, fără îndoială că ați reținut sutele de masive de beton perpendiculare pe țărm, cu o lungime de 10—20 de metri, intrînd în mare. Acestea sînt digurile de colmataj. Aceste masive frînează mișcarea valurilor mării, reduc viteza torentului, determină depunerea pe fund a particulelor mari în suspensie: galeți, pietriș și nisip cu granulație mare. Ca urmare, între digurile de colmataj se acumulează treptat o mare cantitate de material de acest fel și se formează o plajă. Zona de plajă se lărgește, și linia țărmului înaintează spre mare, făcînd-o pe aceasta să se retragă.

Tot atît de des se folosesc pentru a apăra malurile de eroziune așa-numitele spargevaluri. Acestea sînt masive de beton sau de piatră dispuse paralel cu țărmul mării. Spargevalurile se instalează la o distanță de 12—40 de metri de țărm. Întîlnind în mișcarea lor un spargeval, valurile mării se izbesc cu forță de el. În felul acesta valurile își pierd o bună parte din energia lor. O consecință a acestui fapt este reducerea vitezei de mișcare a apei. Rezultă totodată o depunere pe fund a particulelor în suspensie. Incetul cu încetul, în sectorul dintre spargeval și țărm se acumulează depozite de nisip-galeți, care, în ultimă analiză, formează o plajă largă.

Pentru a le apăra în timpul furtunii de loviturile valurilor, malurile mărilor sînt deseori îmbrăcate într-o platoșă de beton sau de beton armat, construindu-se cheiuri și pereți de amortizare a valurilor. Acestea apără cu nădejde țărmul. Este însă drept că, cu timpul, marea le distruge și pe acestea.

În multe cazuri e nevoie să se aplice o consolidare complexă a malurilor, folosindu-se mai multe tipuri de amenajări. Un strălucit exemplu de asemenea abordare a luptei împotriva mării sînt lucrările de consolidare a litoralului în regiunea orașului Soci. Aici au fost construite cheiuri, pereți de amortizare a valurilor, spargevaluri, dambe, un sistem de diguri de colmataj și ziduri de sprijin (fig. 87).

O sarcină economică națională nu mai puțin importantă este și combaterea erodării malurilor de rîuri.

Unul dintre cele mai vechi mijloace de prevenire a distrugerii malului de către torentul de apă este anrocamentul în sectoarele de spălare. Anrocamentul încetinește eroziunea și evacuarea rocilor de către rîu.

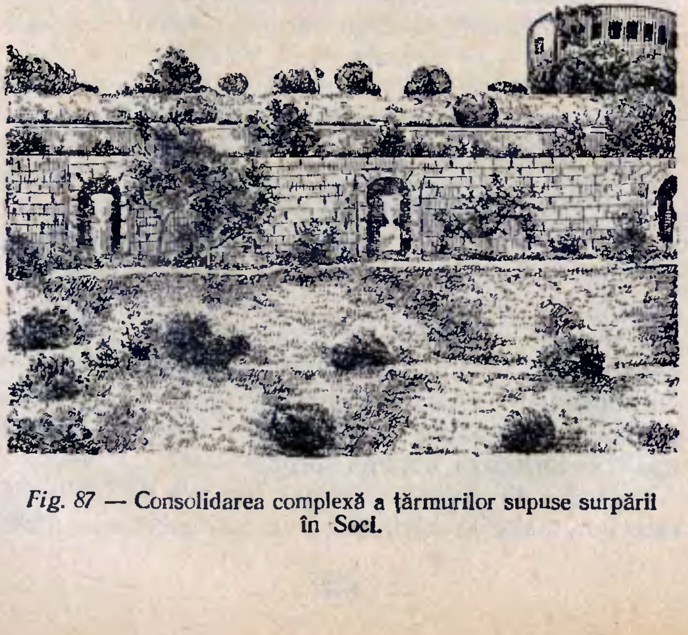


Fig. 87 — Consolidarea complexă a țărmurilor supuse surpării în Soci.

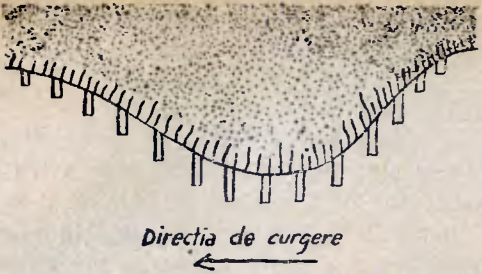


Fig. 88 — Digurile de colmataj de pe rîuri abat șuvoaiele de la malul convex.

O metodă sigură, deși costisitoare, de consolidare a malurilor de rîu este construcția cheiurilor. Betonul sau piatra acoperă trainic și protejează malul.

În unele situații, pe rîurile mari se execută abaterea șuvoaielor de apă cît mai departe de sectoarele supuse erodării. Lucrul acesta se realizează prin construirea în albie a unor diguri de ghidare; ele se construiesc din piatră, pămînt și lemn. Amplasarea acestor construcții se face în funcție de forma malurilor.

Malurile concave sînt consolidate cu diguri longitudinale, care le apără de loviturile șuvoaielor.

Malurile convexe ale rîurilor sînt apărate cu succes de eroziune prin amenajarea unor diguri de colmataj, care se construiesc perpendicular pe mal (fig. 88). La fel ca în condițiile mării, între aceste diguri se acumulează treptat aluviuni care consolidează temeinic malul.

În ultima vreme inginerii sovietici au folosit în combaterea eroziunii țărmurilor mărilor artificiale un procedeu simplu de construire a unor bancuri de nisip artificiale de-a lungul liniei malurilor. Acolo unde este necesar ca remanierea malurilor să fie oprită, se procedează la depunerea nisipului prin hidromecanizare, care formează un obstacol original în calea valurilor și creează un reazem mecanic pentru taluzul malului. În aceste sectoare linia malului se stabilizează repede.

POATE FI REȚINUTĂ ALUNECAREA TERENULUI?

Experiența de aproape un secol arată că în cazul apariției unor alunecări mari, cînd se pun în mișcare milioane de tone de teren, încercările de a le opri cu forța se dovedesc în majoritatea situațiilor ineficace.

Mai izbutită s-a dovedit reținerea mecanică a alunecărilor mijlocii și mici.

De exemplu, pentru a opri alunecarea unor strate de teren nu prea groase, în calea lor se ridică un perete de piatră sau de beton armat. Acești pereți au căpătat denumirea de ziduri de sprijin (fig. 89). În unele cazuri, străduindu-se să stăvilească terenurile masivului alunecător, constructorii și geologii le întăresc cu elemente rigide — piloți-cui de beton sau de beton armat (fig. 90), așezați în zigzag. Lungimea piloților se alege în așa fel, încît pilotul

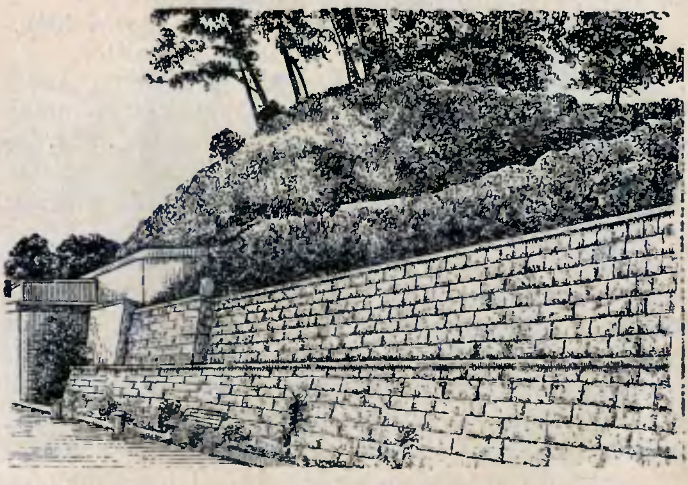


Fig. 89 — Ziduri de sprijin pe litoralul de lîngă Soci.

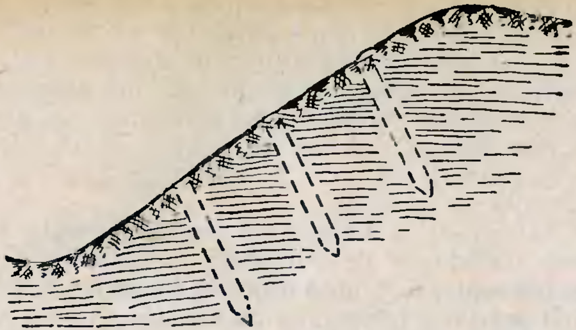


Fig. 90 — Întărirea unei pante cu ajutorul piloților-cui.

să intre în stratul de teren rezistent, situat sub terenul afectat de alunecare.

Pentru a evita însă o perturbare a alcătuirii naturale a rocilor, piloții-cui nu se bat, ci se introduc în găuri săpate dinainte.

În lupta împotriva alunecării masivelor de argilă, oamenii de știință folosesc cu succes curentul electric.

Este știut că dacă lăsăm un curent continuu să treacă printr-un mediu de apă, în acest mediu va trece treptat metalul cu electrodul pozitiv. Afară de aceasta, curentul electric face ca apa să se deplaseze de la polul pozitiv la polul negativ. Tocmai acest proces a fost pus la baza metodei electrochimice de întărire a terenurilor argiloase supuse alunecării.

Pentru început se iau piloți de lemn și se învelesc la suprafață — unii cu foi de cupru, iar alții cu foi de aluminiu: ei sînt introduși în teren pe rînd. Cei dintîi piloți, de cupru, sînt cuplați la polul negativ al unui generator de curent continuu, iar ceilalți la polul pozitiv (fig. 91).

Dacă printr-un asemenea sistem lăsăm să treacă un curent continuu, vom constata că sectorul dintre piloți se va usca repede, iar în teren trece aluminiul care formează o combinație cu apa. Ca rezultat, roca argiloasă capătă o mare stabilitate și își pierde capacitatea de înmuiere, adică se obține tocmai ceea ce este necesar pentru a preîntîmpina alunecarea ei.

Pentru consolidarea terenului se mai folosește o metodă originală: amenajarea unor stîlpi de gheață și a unor întregi masive de terenuri congelate, în vederea reținerii mecanice a maselor de pămînt saturat cu apă pe versanți.

În scopul de a îmbunătăți metodele vechi și a elabora metode noi de combatere a alunecărilor, gîndirea oamenilor de știință este într-o febrilă activitate.

Cînd am făcut cunoștință cu cauzele alunecării am stabilit că în măsura în care unghiul taluzului este mai mare, și forța ce împinge terenul în jos este mai puternică. Așadar, dacă reducem mărimea taluzului, pericolul de alunecare va scădea simțitor.

Tocmai acest principiu a fost pus la baza metodei „tăierii pantelor". E ușor de spus tai panta, dar cum se poate face acest lucru în mod practic? Pentru aceasta sînt necesare mari cheltuieli de muncă și de fonduri; și de aceea o atare ridicare de teren se realizează de cele mai deseori la masive mici.

În acest caz constructorii recurg la folosirea jetului de apă. Cu ajutorul unui hidromonitor (care amintește de o pompă de incendiu), un jet puternic de apă este dirijat spre pantă. Pentru tăierea terenurilor nisipoase

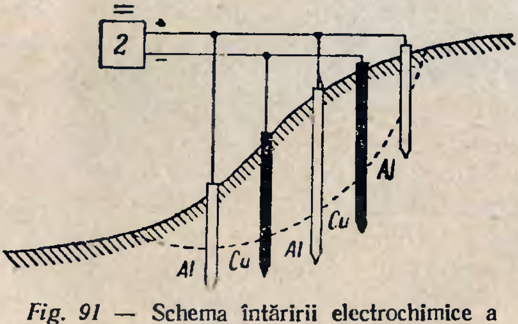


Fig. 91 — Schema întăririi electrochimice a terenului. 1 — piloți de aluminiu și de cupru; 2 — sursa de curent continuu.

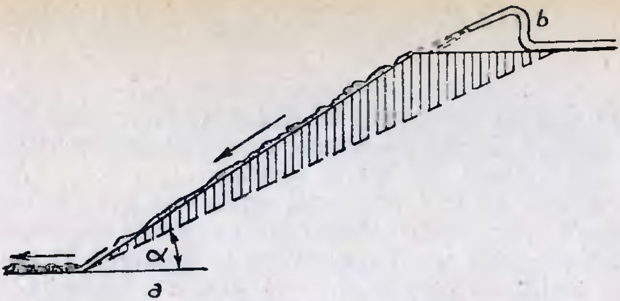


Fig. 92 — Tăierea pantei cu un jet de apă: a — unghiul taluzului stabil, b — hidromonitor.

și cu pietriș este suficientă o presiune de 5—7 atmosfere, iar pentru argile o presiune mai mare, de 10—13 atmosfere.

Jetul de apă care țîșnește din hidromonitor spală terenul și, antrenîndu-l, îl duce în jos, pe pantă (fig. 92). Pe baza acestei metode au fost tăiate o serie de pante supuse alunecării, situate în diferite locuri între Tuapse și Soci. Terenul lichefiat format cu acest prilej se scurgea în mare. Un alt caz similar de tăiere masivă a pantei este spălarea terenului supus alunecării în timpul construirii hidrocentralei Mingheceaur pe rîul Kura (R.S.S. Azerbaidjană).

In încheiere vom aminti de folosirea focului în consolidarea pantelor. Focul ajută la combaterea cu succes a alunecărilor în rocile argiloase. In acest scop, în masivul de argile se construiește un tunel sau o galerie în care apoi se arde un combustibil (de cele mai deseori cărbune). Partea de argilă din apropiere este arsă. Sectorul acesta se transformă într-o originală barieră în calea înaintării maselor alunecătoare.

In multe decenii și sute de ani omenirea a acumulat o mare experiență în combaterea alunecării versanților. Noi am făcut însă cunoștință numai cu cîteva dintre cele mai răspîndite metode de luptă împotriva alunecărilor.

GRANDIOASE SURPĂRI ŞI AVALANŞE

Pe pantele abrupte şi în rîpi deplasarea unor mase de pămînt capătă caracterul unor năruiri neaşteptate şi fulgerătoare, denumite surpături.

Paginile istoriei păstrează amintirea a zeci de catastrofe îngrozitoare legate de prăvălirea neaşteptată a unor masive muntoase. Munţi în aparenţă încremeniţi, tăcuţi, se pun deodată în mişcare. Văile răsună de-un vuiet înfricoşător. Sute de mii de tone de rocă se prăvălesc în jos pe versanţii abrupţi, zguduind terenul înconjurător.

Praful stîrnit de surpătură nu se depune multă vreme. Deseori, în locul unor oraşe şi sate pitoreşti aflate la poalele munţilor nu rămîn după surpături decît îngrămădiri haotice de piatră şi nisip. O asemenea surpătură a muntelui Rovinazzo, în secolul al VI-lea, a acoperit cu totul vechiul oraş Veleia, din Italia. Catastrofa s-a petrecut aşa de repede, încît n-a apucat să se salveze nici unul din locuitorii oraşului.

În anul 1608, o catastrofală surpare a muntelui Monte Conto din Alpi a îngropat în cîteva zeci de secunde satul Plur cu 2 400 de locuitori.

În Pamir se bucură de renume lacul de mare altitudine Sarez. Malurile abrupte îngreuiază accesul spre lac. Aceste greutăţi se datoresc reliefului aparte al zonei şi al malurilor lacului.

Lacul Sarez, cu o apă extraordinar de străvezie, s-a format în urma unei imense surpări care a avut loc în anul 1911. Prin această surpare au fost deplasate peste 7 miliarde de tone de teren. Vuietul îngrozitor şi zguduirea pămîntului au fost simţite şi de locuitorii satelor tadjice, situate la 20 de kilometri de locul surpării. Masele de teren surpate au format în valea Sarez un baraj grandios, care a tăiat calea unui mic rîu de munte ce curgea pe fundul ei. După un anumit timp, în locul micului rîu a luat naştere un imens lac de mare altitudine, care se extinde pe aproape 80 de kilometri. Adîncimea lui este în medie de aproximativ 40 de metri.

Un alt exemplu îl constituie lacul Rița, situat pe litoralul Mării Negre, în Caucaz. Există o legendă potrivit căreia acest lac s-a format după o ceartă zgomotoasă între frumoasa Iupșara și uriașul Pșecihva. Atunci cînd frumoasa Iupșara s-a transformat într-un rîu și a vrut să fugă la iubitul ei, uriașul s-a prefăcut într-un munte și, prăbușindu-și stîncile, i-a barat drumul.

De fapt legenda reflectă în mod original istoria reală a apariției acestui lac. Geologii au stabilit că în timpul unui cutremur de pămînt s-a produs o grandioasă surpare a versantului muntelui Pșecihva. Masele de roci deplasate au zăgăzuit rîul Pșecihva, de unde a rezultat un lac adînc (fig. 93). Lacul nu este mare (are o lungime de aproape 3 kilometri), dar este

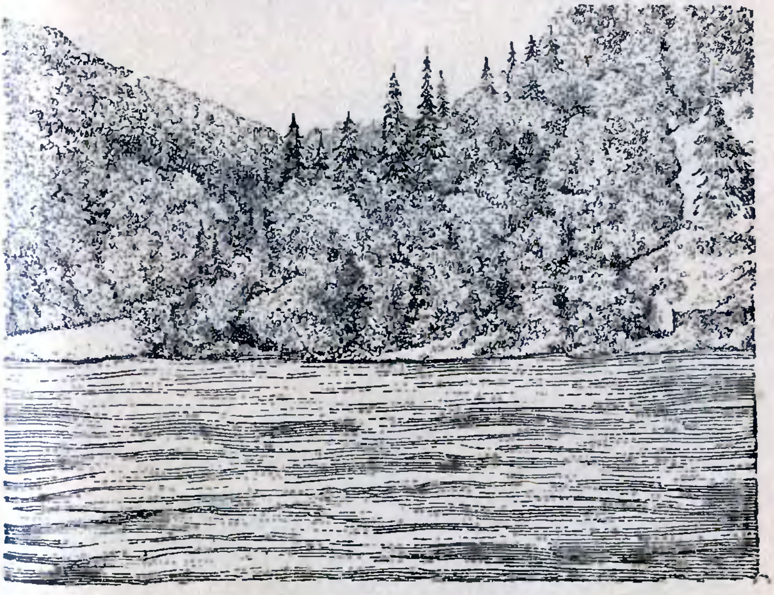


Fig. 93 — **Lacul de munte Rița.**

destul de adînc (după toate probabilitățile adîncimea medie a lui este de peste 100 de metri).

Cunoscutul geograf și călător E. Reclus descrie una dintre cele mai mari surpături din Alpi:

„Catastrofa s-a dezlănțuit la 2 septembrie 1806 pe versantele muntelui Rossberg. Acest masiv muntos este constituit dintr-un conglomerat rezistent, care se află dispus pe argile. După cum au arătat cercetările de mai tîrziu, argila avea calitatea de a se umecta deosebit de repede.

Anul 1806 a fost un an ploios, astfel încît în stratul de argile s-a infiltrat multă apă. Din această cauză el și-a pierdut stabilitatea. Masivele de conglomerate aflate pe acest strat s-au pus în mișcare. Nenorocirea s-a produs pe neașteptate. Numai într-o clipă, o masă colosală de pămînt cu păduri, lunci, sate și cu locuitorii lor s-a prăbușit în vale. Din pricina stîncilor care se ciocneau în cădere, au apărut fascicule de scîntei care zburau dinspre munte. Datorită încălzirii provocate de frecarea rocilor, apa subterană s-a transformat numaidecît în aburi. S-a produs o explozie extraordinară. O mulțime de pietre și noroi au fost azvîrlite ca dintr-un coș vulcanic. Cîmpia Goldau și patru sate cu o populație de aproximativ o mie de locuitori au dispărut sub materialul detritic. Din cauza surpării a fost astupat în parte lacul Loverz. Un val înalt de 20 de metri, format cu acest prilej, s-a revărsat într-un iureș pe mal și a măturat zeci de case.

Catastrofa s-a dezlănțuit atît de repede, încît multe păsări au fost ajunse în zbor de pietre și ucise. Partea năruită a muntelui avea în lungime cel puțin patru kilometri. Lățimea zonei surpării era în medie de aproape 320 de metri, iar înălțimea de 32 de metri. Volumul masei de roci deplasate a fost de peste 40 de milioane de metri cubi.

În fiecare an în munți au loc mii de surpături; majoritatea lor sînt relativ mici ca volum de roci deplasate, dar și acestea reprezintă un fenomen cumplit al naturii.

CUM APAR SURPĂTURILE?

Multă vreme acest îngrozitor fenomen al naturii părea inexplicabil oamenilor. Numai în secolul al XIX-lea oamenii de știință au stabilit cauzele adevărate ale apariției surpăturilor.

Înainte de a face cunoștință cu cauzele care provoacă surpăturile, să răspundem la întrebarea : Prin ce se deosebește o surpătură de o alunecare ? Prima deosebire constă în viteza cu care se petrece procesul. Dacă surpătura se desfășoară în cîteva secunde, o alunecare, chiar și cea mai rapidă, evoluează încet. Multe alunecări durează ore, zile și chiar luni întregi.

O altă deosebire foarte importantă stă în caracterul mișcării maselor de pămînt. În timpul alunecării ele se mișcă pe o anumită suprafață, deplasîndu-se liniștit, fără rostogolire.

Masivele care se surpă, însă, se prăvălesc într-un iureș nebun pe versanții abrupți, rostogolindu-se cu energie. Întîlnind în drumul lor proeminențe ale stîncilor, ele se izbesc cu tărie de acestea și se fărîmițează.

Alunecările sînt frecvente pe pantele relativ puțin înclinate, în timp ce surpăturile se produc pe pante abrupte și în pragurile verticale ale munților.

Să încercăm acum să răspundem la întrebarea : cum se formează surpăturile ?

Pentru apariția lor este necesar, în primul rînd, un relief specific : existența unor pante cu înclinare mare sau a rîpelor abrupte. Dar mai este nevoie de ceva. Este necesar ca masivele de roci tari să fie dislocate prin fisuri. Acestea din urmă apar ca rezultat al mișcărilor tectonice ale scoarței pămîntului sau sub acțiunea procesului de eroziune (fig. 94).

Este surprinzător faptul că majoritatea surpăturilor din munți apar în timpul primăverii, și că numărul

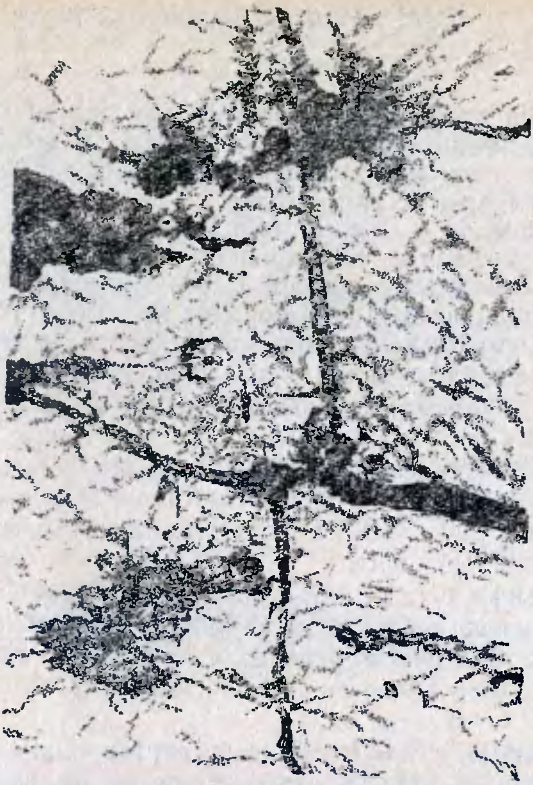


Fig. 94 — Fisuri în gresii.

cel mai mare de prăbușiri se produce în prima jumătate a zilei.

O asemenea periodicitate se explică simplu. În timpul iernii, apa care se găsește în fisurile rocilor îngheață. Cu acest prilej apa își mărește volumul aproximativ cu 9%. Cristalizîndu-se, ea dislocă cu forța pereții fisurilor. Pe de altă parte, gheața care se formează, contopindu-se cu granulele rocilor, cimentează fisurile, sudîndu-le trainic.

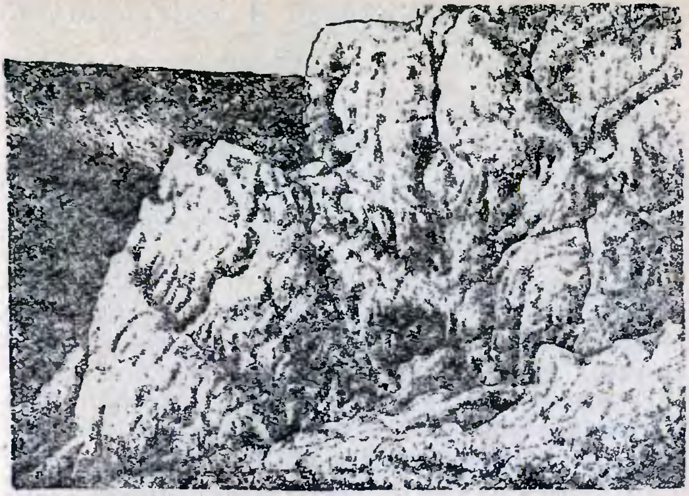


Fig. 95 — Surparea în mare a unor stînci dioritice.

Iată însă că vine primăvara, gheaţa din fisuri se topeşte, cimentarea dispare, legătura dintre blocuri izolate este încălcată. Se creează astfel toate condiţiile pentru apariţia surpăturii (fig. 95).

Tot aşa stau lucrurile şi în timpul îngheţurilor nocturne în regiunile de mare altitudine. Noaptea se produce îngheţarea apei din fisurile rocilor, iar în prima jumătate a zilei, sub razele calde ale soarelui, gheaţa se topeşte, şi legătura dintre particulele rocilor se destramă. In felul acesta apa pregăteşte treptat roca în vederea năruirii.

O altă cauză a surpărilor este structura masivului muntos : rocile tari stau pe un culcuş constituit din terenuri argiloase, în care pătrunde apa. Terenurile argiloase aflate sub acţiunea apei îşi pierd stabilitatea, se umectează şi încep să curgă ; stîncile situate pe aceste terenuri se prăbuşesc.

Surpăturile reprezintă o cumplită manifestare a forțelor naturii. Ele atrag adesea distrugerea construcțiilor şi moartea oamenilor. Este periculos a se construi pe terenurile supuse unor surpături regulate.

Intr-o serie de cazuri surpăturile periclitează obiective industriale, drumuri și întregi centre populate.

Pentru a organiza lupta împotriva surpăturilor, mai întîi de toate se efectuează un studiu tehnico-geologic al sectorului amenințat. Geologii clarifică istoria și structura geologică a teritoriului, compoziția rocilor şi caracterul fisurării lor. Deosebit de importantă este elucidarea regimului umectării și inundării, înghețării și dezghețării lor. Numai avînd toate aceste date se poate aprecia cît este de mare pericolul apariției unei surpături.

Lupta practică se desfășoară numai împotriva surpărilor unor masive mici. In cazul cînd este vorba de o surpare masivă, trebuie să se treacă la evacuarea urgentă a populației și a valorilor materiale din întreaga zonă amenințată.

Dacă o regiune este amenințată de surparea unor mici părți suspendate ale masivelor, atunci putem să preîntîmpinăm pericolul prăbușirii lor. Lucrul acesta se realizează prin surparea treptată a stîncilor pe porțiuni izolate. Imprejmuind în prealabil sectorul supus avariilor şi suprafața de teren periclitată de căderea sfărîmăturilor, se procedează la o precaută desprindere a unor mici porțiuni de roci.

Surparea artificială se execută bătînd în crăpături pene metalice sau producînd mici explozii.

In unele situații această metodă poate fi primejdioasă. Să ne închipuim că surparea amenință case de locuit sau o centrală electrică. In acest caz se recurge la o altă soluție: se consolidează masivele muntoase înclinate. Lucrul acesta se obține prin diferite metode. Uneori în fisurile rocilor se injectează o soluție de ciment, care întărește și transformă într-un monolit părțile desprinse ale masivului. Alteori, însă, se fixează scoabe de fier care prind diferite părți ale rocilor și le împiedică să cadă.

Pentru a apăra drumurile și construcțiile de surpările unor masive mici, ca și în cazul alunecărilor de teren se folosesc ziduri de sprijin din beton armat. Cînd există un pericol grav de surpări a drumurilor, atunci se construiesc tuneluri.

Lupta împotriva surpărilor necesită mari eforturi și cheltuieli materiale și, din păcate, nu este totdeauna de mare eficacitate.

PĂZIȚI-VĂ, AVALANȘE!

Ce frumoși sînt munții! Ei ne ademenesc cu culmile albe de zăpadă și liniștea lor. Totuși, locuitorii țărilor muntoase și alpiniștii știu bine că liniștea și tăcerea sînt înșelătoare în munți.

În trecători și pe versanții abrupți ai munților, pe călători îi pîndesc mii de primejdii de tot felul. Una dintre acestea o reprezintă perfidele lavine de zăpadă și de gheață (de la cuvîntul german *Lawine* — avalanșă de zăpadă).

Avalanșele se prăvălesc cu viteză impetuoasă, distrugînd și măturînd totul în drumul lor. Dacă în calea lor se află o pădure, masele de zăpadă o vor reteza fără a lăsa nici o urmă. Dacă în fața lor sînt stînci, avalanșele le vor azvîrli în toate părțile, le vor fărîmița în pietre separate și le vor duce cu ele. Dacă în drumul lor se află case și poduri, după trecerea avalanșelor nu vom fi în stare să precizăm locul unde se aflau înainte de avalanșă.

Cea de a opta Olimpiadă de iarnă s-a ţinut în valea muntoasă Squaw Valley din America. Organizatorii erau foarte îngrijoraţi de faptul că în sectoarele ferite de vînt ale munţilor după fiecare ninsoare se formau cornişe de zăpadă înclinate, care puteau da naştere unor avalanşe. Cu avalanşele de zăpadă nu este de glumit. Ele sînt în stare nu numai să astupe pîrtiile de schi, dar să şi provoace moartea sportivilor.

În lupta împotriva avalanşelor s-a recurs la ajutorul specialistului american inginerul Dick Steellman. În tot timpul Olimpiadei, el a luptat cu curaj împotriva zăpezii. Atunci cînd se descoperea o cornişă de zăpadă periculoasă, ameninţătoare prin înclinarea ei, cornişa era supusă unui bombardament de artilerie care o sfărîma. Tragerea s-a executat cu un tun special.

În fiecare an în munţi iau naştere sute şi mii de avalanşe. Majoritatea lor trec fără urme, întrucît regiunile muntoase sînt relativ puţin populate. Uneori ele produc totuşi victime, cînd iau prin surprindere turişti sau alpinişti. În locurile populate însă avalanşele de zăpadă fac pagube materiale şi deseori pricinuiesc moartea locuitorilor.

Masele de zăpadă atrase de avalanşă înaintează cu o viteză de 250—350 de kilometri pe oră. Aceasta înseamnă că ele se deplasează cam de trei ori mai repede decît un tren expres. Înaintea avalanşei se propagă un puternic val de aer provocat de ea, care se caracterizează printr-o mare forţă de distrugere. Măsurătorile au arătat că intensitatea loviturii unui astfel de val atinge 80 000—120 000 de kilograme pe metru pătrat.

Din pricina avalanşelor suferă în mod deosebit ţările alpine (Elveţia, Austria, Italia etc.).

Cantitatea de zăpadă care se prăbuşeşte sub formă de avalanşă este imensă. De pildă, de pe pantele muntoase ale masivului Saint Gothard (Elveţia), care ocupă o suprafaţă de 32 400 de hectare, lunecă în fiecare an aproximativ 325 de milioane de metri cubi de zăpadă.

În Alpi, formarea lavinelor este un eveniment normal, și locuitorii s-au obișnuit cu ele. Uneori însă aici se produc avalanșe catastrofale, de proporții grandioase.

Sînt de largă notorietate catastrofele repetate din cantonul Wallis din Elveția. Aici, spre exemplu, satul Randi a fost de două ori îngropat cu toți locuitorii săi de avalanșe cumplite. În urma unei asemenea catastrofe a fost îngropată valea rîului Viege și în locul ei s-a format un lac care a existat numai cîteva zile. Avalanșa aceasta a deplasat de pe versanți, în jos, aproximativ 1,3 milioane metri cubi de zăpadă, gheață și pietre.

În timpul primului război mondial, la 16 decembrie 1916, în Alpi s-au produs o serie de avalanșe îngrozitoare, care s-au prăvălit pe o linie a frontului alpin. Ele au risipit și au distrus sute de fortificații de apărare solide: cazemate de beton, puncte de foc din lemn și pămînt și forturi. Prăvălindu-se peste tranșee, șanțuri și adăposturi subterane ale trupelor, avalanșele au îngropat sub un strat dens de mai mulți metri de zăpadă și piatră cîteva mii de soldați și ofițeri. Au pierit aproape 9 000 de oameni din cele două tabere ostile. Această îngrozitoare zi a intrat în istorie cu denumirea de „Joia neagră".

În Uniunea Sovietică apar avalanșe în Caucaz, Tian-Șan, Uralul de nord și în alte sisteme muntoase.

Avalanșele de zăpadă care apar deseori în regiunea trecătorii Krestovii, pe Șoseaua militară gruzină, au obligat ca acest sector al drumului să fie construit în tunele speciale.

Este instructivă istoria combaterii avalanșelor în regiunea orașului Kirovsk (Hibinî). Aici avalanșele au deteriorat de nenumărate ori clădirile și diferitele construcții ale minelor de apatit. Toate acestea au făcut ca, înaintea Marelui Război pentru Apărarea Patriei, aici să fie amenajat un întreg sistem de construcții de apărare împotriva avalanșelor.

Multă vreme nu s-a putut da un răspuns exact la această întrebare. S-a presupus că undeva sus, pe un versant bogat în zăpadă, începe să se rostogolească un mic bulgăr de zăpadă. Pe măsură ce se mişcă în jos, bulgărele creşte într-una, prefăcîndu-se într-o avalanşă de formă sferică. Abia relativ recent, acum vreo 20—30 de ani, oamenii de ştiinţă au stabilit că procesul de formare a avalanşelor este mult mai complex. Pentru apariţia avalanşelor, ca şi în cazul unor surpări obişnuite, sînt necesari versanţi destul de abrupţi (de peste 20 de grade) şi de o supraîncărcare a lor cu zăpadă. Perioada apariţiei lor este considerată iarna, în zilele geroase.

Iată cum se formează avalanşele periculoase, „uscate". Pe suprafaţa netedă de zăpadă, care după fiecare dezgheţ anterior se acoperă de o scoarţă subţire de gheaţă, se aşterne zăpada proaspătă. Masa afînată de zăpadă pufoasă aproape că nu este legată de vechiul înveliş depus. Este suficientă cea mai slabă zguduire ca acest strat de deasupra să se pună în mişcare. Avalanşa uscată poate să fie provocată de o rafală de vînt, de un strigăt puternic sau de o împuşcătură. Înaintînd ca o masă uriaşă, avalanşa umple văzduhul cu nori de fulgi de zăpadă argintii.

Locuitorii de la munte ştiu că după fiecare ninsoare primejdia prăbuşirii unor avalanşe uscate este deosebit de mare. În timpul iernii, după căderea zăpezii, elveţienii stau două-trei zile în casă, şi numai după aceasta se încumetă să se deplaseze în locurile periclitate de avalanşe.

Un alt tip de avalanşă — avalanşa „udă" — se formează în cazurile cînd ninsoarea intervine în condiţiile dezgheţului. Astfel se aştern pe stratul de zăpadă mase de zăpadă udă şi grea. Apa din complexul de zăpadă se infiltrează pe suprafaţa rocilor, umectîndu-le din belşug. Acţiunea apei poate fi asemuită cu uleiul care se toarnă într-un lagăr. Forţele de frecare dintre zăpadă şi teren se reduc într-atîta, încît stratul greu şi ud de zăpadă îngheaţă şi se pune uşor în mişcare. Tocmai de aceea astfel de avalanşe au şi fost denumite „ude". Caracteristic pentru ele este absenţa norului de zăpadă care însoţeşte întotdeauna avalanşa uscată.

În cazul unor dezgheţuri prelungite, în stratul de zăpadă au loc procese complexe. Ele sînt condiţionate de o proprietate bine cunoscută a zăpezii, şi anume conductibilitatea ei termică redusă. Dacă în timpul gerurilor mari stratul de zăpadă apără suprafaţa pămîntului de o răcire excesivă, în timpul dezgheţului el împiedică accesul căldurii. Ca urmare, la suprafaţa zăpezii se menţine o temperatură pozitivă, iar în stratele ei inferioare se păstrează multă vreme temperaturi scăzute. Diferenţa de temperaturi poate să atingă 20—25 de grade. Lucrul acesta provoacă o circulaţie de vapori de apă de la stratele răcite la stratele mai calde. În partea inferioară fulgii de zăpadă se sublimează, transformîndu-se în vapori de apă, iar în partea de mijloc a complexului de zăpadă se formează mici cristale de zăpadă rotunjite denumite „brumă de adîncime". În urma afînării zăpezii la bază şi a creării unui strat foarte afînat de „brumă de adîncime", care prin proprietăţile sale aminteşte de terenurile curgătoare, se creează condiţii pentru apariţia neaşteptată a unor avalanşe. Pentru ca o asemenea masă de zăpadă să se pună în mişcare este suficient ca pe suprafaţa de zăpadă să cadă o piatră, să sară un animal sau chiar să se producă un zgomot puternic. Avalanşele înaintează în mod felurit. Pe versantele abrupte de obicei se produc „surpături" de zăpadă. Mişcarea lor începe cu o alunecare concomitentă a întregii mase de zăpadă de pe versant. În alte cazuri avalanşa se mişcă pe anumite albii care corespund vîlcelelor de pe versanţii munţilor. Dacă o asemenea avalanşă trece printr-o pădure, ea lasă în urma sa un drum care poartă denumirea de „curăţire de lavină".

În fine, o avalanşă poate să ajungă în drumul ei pînă la o schimbare bruscă a pantei într-un loc abrupt și să se prăbușească de acolo în vale. Un atare tip de avalanșă a căpătat numirea de avalanșă „săritoare".

Combaterea avalanșelor se face prin diferite metode. Se folosește pe scară largă împădurirea versanților, transformarea pantei continue în terase, instalarea unor scuturi apărătoare și ziduri de sprijin în locurile de apariție a avalanșelor.

Atunci cînd se fac construcții, în munți se procedează în prealabil la studierea tehnico-geologică a regiunii, trasîndu-se pe hartă sectoarele periclitate de avalanșe. De cele mai deseori se evită amplasarea caselor și construcțiilor în asemenea regiuni. Dacă însă împrejurările obligă la aceasta, atunci se prevede ridicarea unor obstacole în calea de mișcare a zăpezii. Dintre ele fac parte digurile de ghidare a zăpezii, pintenii care taie avalanșele, zidurile de beton etc.

Pentru a apăra drumurile de avalanșe este nevoie să se instaleze deasupra lor copertine și apărătoare speciale. Așadar, inginerul-constructor are în arsenalul său suficiente mijloace de luptă împotriva avalanșelor.

TORENTE DE PIATRĂ ȘI DE NOROI

TORENTE ŞI RÎURI DIN MATERIAL PIETROS

Apa, aerul, gerul și razele soarelui distrug pînă și rocile cele mai rezistente. Incetul cu încetul din masivele stîncoase se desfac aşchii de piatră de diferite dimensiuni. Desprizîndu-se, materialul detritic se rostogolește pe pantă în jos. După sute și mii de ani, la poalele pantelor se acumulează mari mase de material detritic. Geologii au denumit aceste aglomerări — *surpături*. Milioane de așchii de piatră de diferite dimensiuni (de la fracțiuni de centimetri

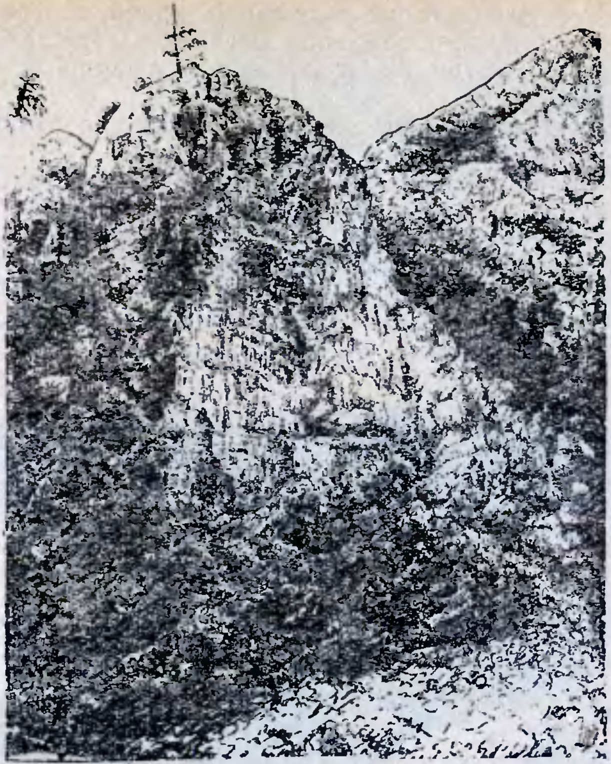


Fig. 96 — Surpătură la poalele unui masiv calcaros din Crimeea.

pînă la un metru în diametru) formează surpături mari care acoperă, asemenea unei prelate, părțile inferioare ale versanților de munți. În alte cazuri ele formează rîuri de piatră care se deplasează pe albii bine definite, asemenea ghețarilor.

Cine a fost în munți știe că la poalele versanților rareori lipsesc surpăturile. Dimensiunile lor sînt variate. În unele cazuri este vorba de o mică grămadă de material detritic cu suprafața de cîțiva metri pătrați, iar în altele — de grandioase aglomerări, cu o suprafață care ajunge pînă la un kilometru pătrat (fig. 96).

Un exemplu de mari formaţiuni de acest gen poate servi surpătura din regiunea Pseasho (Caucaz), care atinge o lungime de 1,2 kilometri şi o lăţime de 0,4 kilometri.

Grosimea surpăturii oscilează de la zeci de centimetri la 30—50 de metri.

Din cînd în cînd surpăturile pot să se pună în mişcare. Viteza de înaintare depinde de mai mulţi factori. Dacă surpătura se sprijină într-un rîu de munte, curentul rapid, antrenînd în mişcare materialul detritic, poate să determine o deplasare a ei permanentă. Un astfel de rîu de piatră se mişcă cu un zgomot caracteristic, provocat de frecarea numeroaselor particule între ele (fig. 97).

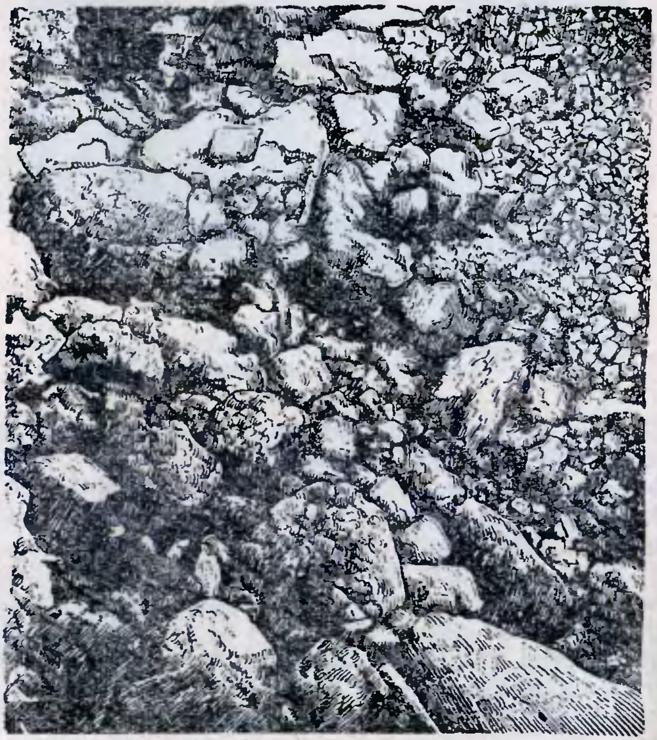


Fig. 97 — O surpătură în mişcare.

Ce se întîmplă dacă surpătura este uscată şi nu spălată de un rîu? Poate ea să se mişte?

La asemenea surpături există temporar un echilibru, în virtutea căruia materialul pietros se găseşte într-o stare stabilă. Totodată, unghiurile taluzului suprafeţei depind de caracterul materialului detritic şi variază de la 30 la 40 de grade.

Iată, însă, că s-a pornit o ploaie şi aceasta a umezit grohotişul. In mod inevitabil se va produce o deplasare a lui, care va continua pînă atunci cînd se va restabili o nouă poziţie stabilă. O atare deplasare a blocurilor desprinse a căpătat denumirea de *năruire de pantă*.

Într-o zi, mergînd pe Şoseaua militară gruzină după o mare ploaie torenţială, am auzit în faţa noastră un zgomot ciudat care ni s-a părut la început a fi zgomotul caracteristic mareelor. Ieşind dintr-o curbă, autobuzul nostru s-a oprit brusc. Pe o distanţă de aproximativ 50 de metri drumul era barat de un strat compact de piatră spartă şi prundiş. Ploaia torenţială din ajun a provocat o năruire de pantă a blocurilor desprinse anterior. A trebuit să ne întoarcem şi ne-am oprit în satul Kazbeghi pînă cînd s-a curăţat drumul.

Surparea unor fragmente izolate nu prezintă un pericol prea mare pentru clădiri şi construcţii. Pentru a se evita acumularea materialului detritic, în faţa caselor sau a construcţiilor de pe versante se amenajează banchete orizontale speciale — berme. De pe aceste banchete materialul detritic care cade se îndepărtează.

Pentru a apăra un drum de pietrele în cădere se construiesc reţele de protecţie speciale.

Trebuie spus că însăşi construcţia de autostrăzi şi căi ferate printr-o zonă de grohotiş prezintă o serioasă problemă inginerească.

Este necesar să se aplice un întreg complex de măsuri. Din acestea fac parte drenarea apelor de

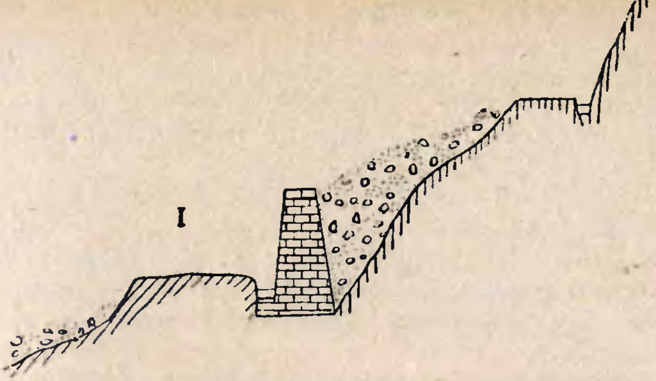


Fig. 98 — Construcţia unui drum (1) pe un grohotiş.

ploaie printr-un sistem de rigole pe curbe de nivel, lupta împotriva apelor subterane cu ajutorul unor mici construcţii de drenaj, precum şi consolidarea tălpii grohotişului. Drumul însuşi este de regulă tăiat în grohotiş pînă la rocile tari. De sus el este protejat de ziduri de sprijin (fig. 98).

Se naşte întrebarea : Cum se poate opri o surpătură aflată în mişcare activă ? S-a constatat că se poate realiza şi acest lucru. Pentru aceasta este necesar ca în drumul deplasării ei să se amenajeze o serie de trepte-terase, fiecare din ele întărindu-se prin ridicarea unor ziduri de sprijin de-a curmezişul versantului.

În Elveţia se foloseşte pe scară largă instalarea unor reţele sau scuturi metalice. Acestea de obicei se fac înalte de un metru şi se dispun pe versant în zig-zag. Treptat, în apropierea unor asemenea baraje se aglomerează materialul detritic şi se formează terasa.

Consolidarea ulterioară a surpăturii se face prin plantarea vegetaţiei pe terase.

În munţi se formează torenţi extraordinari. Aceşti torenţi nu sînt de apă, nici de nisip, şi nici de gheaţă, ci de bolovani uriaşi. Diametrul lor atinge 5 şi chiar 10 metri. Se poate spune că pe versant coboară încet un torent de pietre şi stînci. Acest rîu de bolovani a fost denumit de geologi *kurum* (cuvînt de origine turcică).

Torenţii de material pietros curg în părţile superioare ale versanţilor sub forma unor pîrîiaşe, care mai jos se adună în rîuri, iar la poale formează cîmpuri întregi de material pietros îngrămădit haotic (fig. 99).

Ce anume pune în mişcare blocurile de piatră pe versanţi ? Desigur că forţa de gravitaţie, dar ea nu este suficientă pentru a urni masive uriaşe. Dacă am secţiona un torent de bolovani şi am examina secţiunea lui transversală, am descoperi că alunecarea blocu-

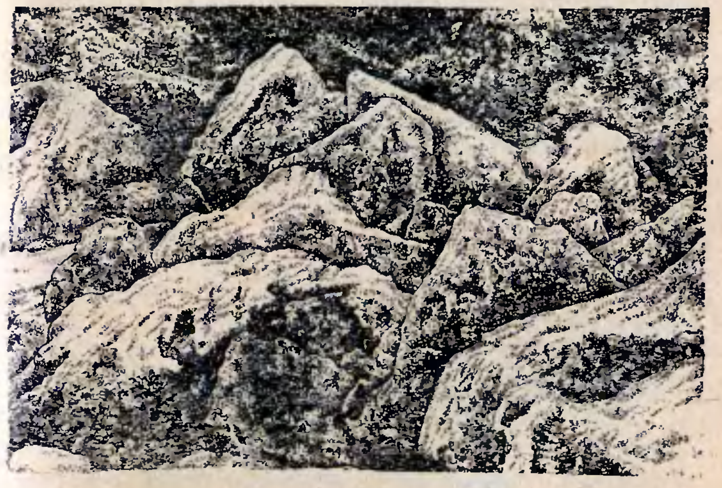


Fig. 99 — Aglomerarea haotică de blocuri în partea inferioară a unui torent de piatră (kurum).

rilor și a pietrelor se produce pe patul de argilă și de argilă nisipoasă a versantului. De altfel nu este cîtuși de puțin obligatoriu ca versantul să fie constituit din asemenea roci. Materialul argilos de la suprafața lui poate să fie depus treptat de apa care pătrunde ușor prin grămada de blocuri.

Pe o asemenea bază alunecoasă și înclinată ia naștere torentul blocurilor de piatră.

Viteza de mişcare a acestor torenți de piatră este cît se poate de variată. Ea depinde de compoziția rocilor, de înclinarea pantei, de mărimea pietrelor și blocurilor, și de condițiile de umectare a tălpii argiloase.

Urmărind mişcarea torenților de piatră, oamenii de știință au stabilit că mărimea deplasării lor anuale variază, în funcție de condiții, de la cîtiva centimetri pînă la 25 de metri.

Torenții de bolovani se pot întîlni în multe locuri din Uniunea Sovietică. Un exemplu tipic îl întîlnim pe malul sudic al Crimeei. De pe rîpele prăpăstioase din sudul Munților Crimeei, din cînd în cînd cad mari fragmente de calcar, dolomit și alte roci stîncoase. Nimerind pe o suprafață argiloasă înclinată care coboară spre mare, sfărîmăturile alunecă încet pe ea. În urma prăbușirilor și a mișcării torenților de piatră se formează acumulări de blocuri de tipul renumitului „haos“ din parcul din Alupka.

TORENȚII NOROIOȘI

CATASTROFA DE LA LOS ANGELES

Terenurile situate la ieșirile văilor muntoase spre șes se află deseori expuse acțiunii *torenților noroioși*. Această denumire este dată torenților rapizi de apă și noroi care apar spontan în părţile superioare ale văilor din munţi şi se revarsă cu mare viteză în jos, pe versant.

Iată, în munţi se produce o rupere de noroi. Şuvoaiele de apă vijelioase care se formează, antrenînd particule de teren, se transformă încetul cu încetul într-o masă lichidă noroioasă. Aceşti torenţi deplasează în drumul lor pietre mari. Gonind nebuneşte, torentul noroios frînge copacii întîlniţi ca pe nişte chibrituri. Ajungînd în regiunile premuntoase, torentul inundă cu noroi suprafeţe largi, distrugînd clădirile, nimicind vegetaţia (fig. 100).

Un loc clasic de dezvoltare a torenţilor noroioşi este oraşul Los Angeles din America de Nord, situat în zona premuntoasă a Munţilor Coastelor. Pe versanţii muntelui San Gabriel (una din crestele care face parte din Munţii Coastelor), în timpul ploilor mari se formează deseori torenţi noroioşi puternici. Coborînd pe versanţi, torenţii se revarsă în văi şi înaintează prin ele, ajungînd deseori pînă la Los Angeles.

Un torent noroios deosebit de puternic a avut loc în noaptea de Anul nou în 1934. Înainte de aceasta a plouat intens timp de două zile. Cantitatea precipitaţiilor atmosferice a fost în acest timp de 432 de milimetri. Aceasta este aproape echivalentă cu precipitaţiile atmosferice anuale de la Moscova (590 de milimetri). „...N-a apucat însă să se oprească ploaia, cînd pe la miezul nopţii, de pe pantele crestei muntoase San Gabriel s-au pornit în jos torenţi clocotitori. Apa a spălat de pe versanţi stratele afînate de rocă, atrăgînd după ea şi pietrele. In trecătorile din munţi forţa şuvoaielor era atît de mare, încît apa smulgea din rădăcini copaci înalţi. Cei mai puternici torenţi s-au format în două defileuri : Pickens şi Hall. Primul torent, pornind în vale, s-a revărsat în lăţime pe o suprafaţă de peste 100 de metri şi a răbufnit în oraşul La Crescenta ; cel de al doilea s-a prăvălit asupra oraşului Montrose. Blocuri mari, în greutate de 5 tone şi chiar mai mult, şi trunchiuri de copaci purtate de torenţi acţionau asemenea unor berbece

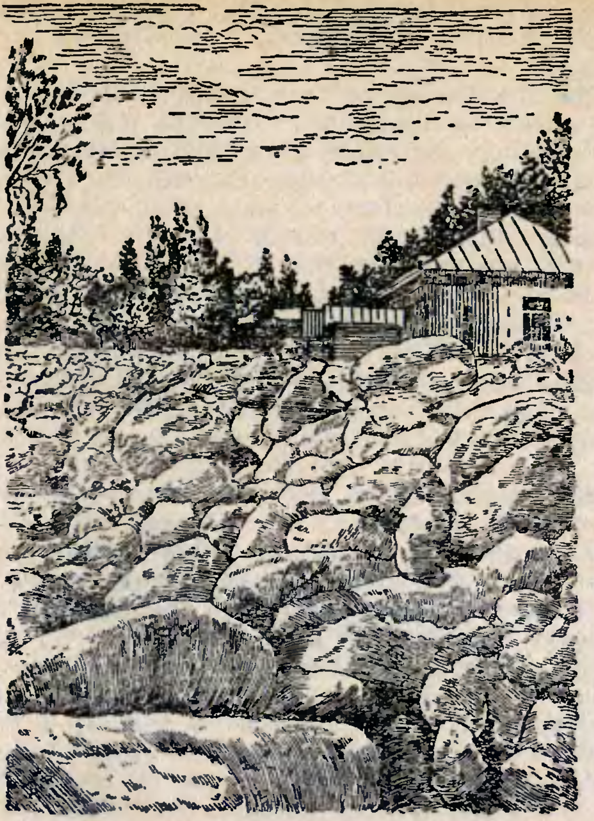


Fig. 100. — Materialul transportat de un torent noroios.

spărgătoare de ziduri : ele străpungeau pereţii clădirilor, măturînd multe case în întregime.

După primul torent de noroi, care atingea la ieşirea din defileuri o înălţime de la 2 la 6 metri, au urmat altele. Intensitatea şi viteza acestor torenţi poate fi apreciată după faptul că, pornind la vale, ei şi-au săpat o albie adîncă pînă la 4 metri.

Braţele torentului au făcut joncţiunea în defileul Verdiugo, ceva mai jos de oraşul Montrose. După o deplasare de 20 de kilometri a fost atins orașul Glendale unde torentul noroios a oprit circulația pe străzi a automobilelor, care s-au împotmolit în noroi. Unele drumuri din suburbiile Los Angelesului au fost complet blocate de pietre..." [1]

Această catastrofă a avut ca rezultat distrugerea și avarierea a mai multe sute de case. Pe parcursul torentului de noroi au fost deteriorate aproape 500 de poduri.

Un torent noroios mult mai puternic a fost observat la Los Angeles în anul 1938. El a evacuat de pe versanții Cordilierilor aproximativ 12 milioane de metri cubi de noroi și pietre. Ca rezultat al apariției torentului au fost distruse într-o mare măsură toate genurile de comunicații și transport. Au pierit peste 200 de persoane. Au devenit neutilizabile mii de case. Daunele generale au fost evaluate la 50 de milioane de dolari.

Una din cauzele principale ale dezvoltării torenților noroioși în aceste regiuni a constituit-o defrișarea pădurii și distrugerea ei în urma unor incendii silvice mari.

TORENTUL NOROIOS DE LA ALMA-ATA

În Uniunea Sovietică torenții noroioși apar în regiunile muntoase din Caucaz, Asia Centrală și Siberia. În repetate rînduri a fost supus calamității cauzate de torenți hidronoroioși orașul Alma-Ata. O deosebit de mare intensitate a manifestat-o torentul noroios din 8 iunie 1921.

Iată descrierea făcută de un martor ocular al catastrofei, E. M. Jenjurist: „...La ora 9 seara s-a auzit un zgomot puternic. Pe urmă o masă uriașă de pămînt, mîl, pietriș, zăpadă, transportată de un puternic șuvoi de apă, s-a revărsat cu toată puterea dinspre munți peste casele și vilele aflate la poalele munților. Clădirile au fost șterse de pe fața pămîntului, cu grădini, oameni și animale. Torentul îngrozitor a năvălit în oraș și a transformat străzile în rîuri zbuciumate, avînd drept maluri abrupte casele. Groaza catastrofei s-a accentuat prin întunericul nopții. Se auzeau strigăte de ajutor, dar era aproape imposibil să fie acordat. Casele smulse din temelii, cu oameni cu tot, luminate, erau duse de torentul vijelios... În piața orașului a fost depusă de torent o masă de material pietros de cca. 1,5 milioane de tone, adică o cantitate pentru transportarea căreia pe calea ferată ar fi necesare 100 000 de vagoane... Numărul victimelor a fost de peste 400 de oameni."

---

[1] Vezi S. M. Fleișman. Torenții noroioși. Gheografghiz, 1951.

Torentul noroios a fost cauzat de topirea intensivă a zăpezilor și de o ploaie abundentă care s-a ivit concomitent.

COMBATEREA TORENȚILOR NOROIOȘI

Înfruntarea acestui fenomen catastrofal este destul de dificilă. Lupta împotriva torenților noroioși numără mai multe decenii, dar în multe cazuri ea se dovedește a fi puțin eficace. Într-o măsură însemnată la formarea torenților noroioși contribuie și activitatea omului.

Astfel, de pildă, un mare rol în dezvoltarea torenților noroioși în Europa și America l-a avut distrugerea pădurilor. Versanții dezgoliți au devenit cu acest prilej accesibili eroziunii prin acțiunea șuvoaielor de ploaie. În fiecare an regiunile premuntoase din Germania, Italia, Austria, Franța, Elveția suferă din cauza torenților noroioși care coboară de pe versanții Alpilor. Pentru combaterea lor, în țările enumerate mai sus au fost adoptate legi cu privire la exproprierea versanților amenințați de torenții noroioși și împădurirea lor.

La sfîrșitul secolului trecut, oamenii de știință ruși I. I. Korolkov și S. I. Rauner au propus pentru prima oară, în vederea combaterii torenților noroioși, să se amenajeze terase pe versanții expuși torenților. Astfel, apa se colectează în șanțurile care se sapă între terase, și este abătută în părți. Pentru a spori stabilitatea rocilor, pe versant au fost sădite plante arborescente. În aceste sectoare formarea torenților noroioși a fost oprită.

În Uniunea Sovietică se execută pe scară largă lucrări pentru combaterea torenților noroioși. În locurile unde se descoperă focare de apariție a torenților se interzice aratul pantelor și păscutul vitelor, care fărîmițează solul; se fac terasări și se construiesc canale pentru scurgerea apei.

Trebuie spus că una dintre cele mai răspîndite și sigure metode pentru prevenirea torenților noroioși este, fără îndoială, împădurirea versanților, plantarea de arbuști și ierburi care, prin sistemul lor radicular, consolidează terenurile și reduc degradarea lor prin procesele de denudație.

Cînd este necesar se fac și unele construcții inginerești. Cele mai răspîndite dintre acestea sînt barajele de piatră sau de beton în albiile rîurilor și în defileuri (fig. 101). Menirea lor o constituie separarea și sedimentarea debitului solid. Totodată ele reduc o parte din energia torentului.

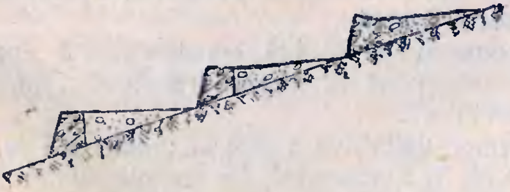


Fig. 101 — Schema amplasării barajelor contra torenților noroioși.

Pentru a apăra de inundare centrele locuite, pe versanți se construiesc diguri de ghidare. Ele deviază torenții noroioși dinspre orașe și așezările populate în afara lor.

Este adesea util a se amenaja în drumul torentului noroios decantoare de aluviuni. Acestea sînt bazine adînci construite în albia torentului noroios.

Se mai folosesc și o serie de alte construcții inginerești : pante pentru evacuarea torentului, consolidarea malului, construirea unor bazine de amortizare etc.

UNIVERSUL PALATELOR SUBTERANE

APA — CONSTRUCTOR

Multe veacuri de-a rîndul oamenii și-au frămîntat mintea cu felurite întrebări : De unde apare apa în pămînt ? De ce rîurile își poartă de mii de ani apele în mări și oceane și nu seacă ? Și, totodată, apa din mare de ce nu sporește ?

Oamenii de știință din Grecia antică socoteau că apa din mare pătrunde în pămînt infiltrîndu-se în peșteri uriașe. Acolo ea se transformă în vapori și se ridică. Ajungînd la bolțile peșterilor, apa trece din nou în stare lichidă.

Alți oameni de știință considerau că apa din oceane, pătrunzînd în pămînt, refulează „sub greutatea munților“.

Rezolvarea definitivă a acestei probleme i se datorește lui M. V. Lomonosov. De numele lui sînt legate mii de descoperiri din cele mai diferite domenii ale științei. M. V. Lomonosov a fost un mare fizician,

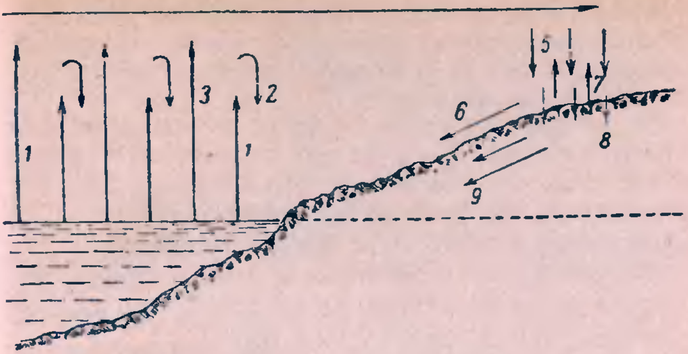


Fig. 102 — Schema circuitului apei în natură: 1, 3, 7 — evaporarea. 2, 5 — precipitaţii, 4 — migraţia apei, 6 — debitul de suprafaţă, 8 — infiltrarea apei în teren, 9 — debitul subteran.

chimist, geolog genial, geograf şi filozof. A. S. Puşkin l-a denumit foarte inspirat „o universitate rusă".

În genialul său tratat „Despre stratele pămîntului", Lomonosov a emis pentru prima oară ideea circuitului apei în natură: de pe suprafaţa mărilor şi oceanelor apa se evaporă, ridicîndu-se sub formă de vapori în aer. Impreună cu curenţii de aer, vaporii de apă se deplasează la distanţe mari. În anumite condiţii aburul se condensează în picături lichide, care cad, fie înapoi în mare, fie pe suprafaţa continentelor. O parte din apa de ploaie se scurge pe povîrnişul suprafeţei în rîuri şi se reîntoarce din nou în mare, o altă parte se infiltrează în teren prin pori, fisuri şi goluri (fig. 102).

Mişcarea apei spre mare prin albiile rîurilor se numeşte *debit de suprafaţă*. Apa care se infiltrează în pămînt nu rămîne pe loc. O parte din ea, pătrunzînd prin porii rocilor sau prin canalele subterane, se reîntoarce de asemenea în mare. Această cale a apei este denumită debit subteran.

Lomonosov denumea apele din pămînt „ape subterane" şi considera, pe bună dreptate, că ele se formează pe seama infiltrării apei de ploaie în rocile afînate.

Dacă este așa, atunci cum se acumulează apele subterane în pustiurile nisipoase, unde plouă atît de puțin încît ploaia nu este în stare nici măcar să satureze cît de cît solul secat de soare?

Multă vreme nu s-a putut găsi un răspuns la această întrebare. Numai relativ recent s-a descoperit că mai există o cale prin care apa pătrunde în pămînt. S-a constatat că apa poate să ajungă în sol nu numai în stare lichidă, ci și în stare de vapori de apă.

Pătrunzînd de la suprafață în porii terenului, vaporii, în anumite condiții, se lichefiază, sau, cum se spune, se condensează, formînd apa.

În felul acesta, încetul cu încetul au fost stabilite căile de circulație a apei în natură.

Vom da cîteva cifre. În total, pe Pămînt, adică în mări, oceane, rîuri și lacuri există aproximativ 1 400 de milioane de kilometri cubi de apă. Dacă am repartiza-o uniform pe suprafața Pămîntului, s-ar forma un strat compact de apă cu o grosime de 3 795 de metri.

Într-un an în atmosferă se evaporă 334 de mii de kilometri cubi de apă. Din acestea numai 37 de mii de kilometri cubi se reîntorc pe uscat. Aproape jumătate din precipitațiile atmosferice se scurg pe suprafață și sub pămînt înapoi în mare, iar cealaltă parte, care reprezintă ceva mai mult decît jumătate, se evaporă din nou.

Multă apă de pe suprafața Pămîntului se găsește sub formă de gheață. O platoșă de gheață groasă de 2,3 kilometri acoperă Antarctida, și tot de gheață sînt acoperite multe insule din emisfera sudică și emisfera nordică. Dacă toată această gheață s-ar topi, nivelul general al oceanelor ar crește cu aproape 50 de metri.

Oamenii de știință au încercat în repetate rînduri să stabilească ce cantități de apă se găsesc în adîncul pămîntului. Abordînd rezolvarea acestei probleme de pe poziții diferite, ei au obținut și rezultate diferite.

Savantul german Slichter a calculat că în pămînt există aproximativ 400 de milioane de kilometri cubi de apă. Dacă această cantitate ar fi uniform repartizată pe suprafața globului pămîntesc, ea ar forma un strat cu o grosime de circa 1 100 de metri.

Alți oameni de știință presupun că această cantitate este exagerată. Sînt citate alte cifre. De pildă, Fuller a socotit că apele subterane pot să formeze pe suprafața Pămîntului un strat gros de cel mult 30 de metri. Chiar și în acest caz cantitatea de apă din pămînt este colosală.

Cantitatea de apă care participă la circuitul apei este constantă? Aceasta este o întrebare foarte importantă. întrucît apa exercită o influență apreciabilă asupra climei Pămîntului. Din păcate, oamenii de știință n-au reușit încă să facă un calcul cantitativ precis al conținutului de apă pe diferitele porțiuni ale circuitului.

În prezent se poate vorbi cu suficientă exactitate numai despre schimbarea cu timpul a cantității totale de apă care ia parte în circuit. Această situație este confirmată de faptul că în cursul perioadei cuaternare suprafața glaciației continentale a crescut nu mai puțin de trei ori. Ghețarii uriași cuprindeau cantități imense de apă care se desprindea din circuit. Răcirea generală care a însoțit glaciația a redus substanțial evaporarea pe suprafața mărilor și oceanelor.

Există temeiuri de a presupune că glaciațiile au fost precedate de o epocă de ploi intense. Oamenii de știință au denumit această epocă *pluvială* (de la cuvîntul latinesc *pluvialis* — ploios).

Acesta este, de asemenea, un exemplu de încălcare a circuitului apei.

Se pune încă o întrebare importantă : Conținutul de apă de pe suprafața Pămîntului scade sau crește cu timpul ?

Deocamdată nu se poate răspunde precis la această întrebare. Se poate presupune că anumite cantități de apă de pe Pămînt se pierd în spațiile interplanetare.

O altă parte a apei trece treptat în compoziţia unor particule minerale solide (în special a argilelor) şi dispare din circuit.

Pe de altă parte, pe suprafaţă poate să apară o parte din apa aflată în adîncul Pămîntului, de unde se ridică prin fisuri, sub formă de vapori sau de elemente care o constituiesc. Această apă a fost denumită de geologul austriac E. Suess apă *juvenilă.*

Apa subterană este studiată de o ştiinţă din ciclul geologic, şi anume de hidrogeologie. Datele acestei ştiinţe au o însemnătate foarte mare pentru inginerii geologi, întrucît apa este cauza apariţiei unei serii întregi de fenomene şi procese importante care au loc în terenuri.

PE CALEA ŞUVIŢEI DE APĂ

Să urmărim calea unei şuviţe de apă de ploaie care a nimerit într-o rocă afînată. Îmbibîndu-se în nisip, sub acţiunea propriei sale greutăţi apa pătrunde încetul cu încetul de sus în jos. O atare infiltrare continuă pînă atunci cînd apa întîlneşte în drumul său o rocă oarecare densă, impermeabilă pentru ea. De cele mai deseori acest obstacol îl constituie stratele de argilă. Tot aici sînt opriţi şi vaporii de apă. Picăturile cad una după alta, şi cu timpul deasupra argilei se formează un strat de apă.

În majoritatea cazurilor stratele de argilă sînt înclinate. Acest lucru determină o mişcare în jos, pe pantă, a stratului de apă format. Aşa se creează un curs de apă subterană. Această varietate a apei subterane care se formează deasupra primului strat impermeabil, plecînd de la suprafaţă spre adîncime, a fost denumită de hidrogeologi *apă freatică.*

Suprafaţa pămîntului nu este întotdeauna alcătuită din roci afînate: nisipuri, soluri nisipoase-lutoase, soluri argilo-nisipoase. În munţi aflorează deseori roci stabile care nu absorb apa: calcare, ghipsuri, granite.

Dar apa găseşte şi aici o cale de a se infiltra în adîncuri. O astfel de cale în subteran sînt numeroasele fisuri care străbat de regulă aceste roci. Apa intră liber şi circulă prin ele. Aşa se formează *apele subterane din fisuri.*

Dar ce se întîmplă mai departe cu apa freatică şi apa din fisuri?

Apele freatice, precum şi cele din fisuri curg în jos pe pantă pînă cînd întîlnesc în drum o vîlcea, o depresiune sau un mal de rîpă. În asemenea locuri apele freatice ies la suprafaţă şi formează izvoare care ţîşnesc din pereţii depresiunilor. Deseori aceste ape sînt izvoare de apă potabilă. Uneori însă apele freatice ies la suprafaţă în albiile rîurilor. Scăldîndu-vă, aţi întîlnit probabil în rîuri şi lacuri sectoare de apă deosebit de rece. Acestea sînt locurile de ieşire a izvoarelor subacvatice.

Dacă în teren lipsesc izvoarele, apele freatice se pot obţine cu ajutorul fîntînilor.

Apa din fisuri, ieşind la suprafaţă, formează de asemenea izvoare care uneori ţîşnesc sub o mare presiune. În acest sens poate servi ca exemplu izvorul din regiunea oraşului Aşhabad. Aici, la poalele muntelui Kopet-Dag, din fisurile în calcar ţîşneşte un izvor minunat denumit de băştinaşi Gotur-Ata, ceea ce înseamnă Izvorul de Aur. Acest izvor cu o apă extrem de curată are un debit de 300 de litri de apă pe secundă. Izvorul alimentează un mic rîu, care irigă mai multe sute de hectare de terenuri agricole.

Probabil că aţi văzut sau aţi auzit vorbindu-se de izvoarele arteziene-ţîşnitoare.

Hidrogeologii au descoperit că apele arteziene se formează în regiuni cu o anumită structură geologică. Pentru apariţia unui asemenea izvor artezian este necesar ca straterele alternante de argilă şi

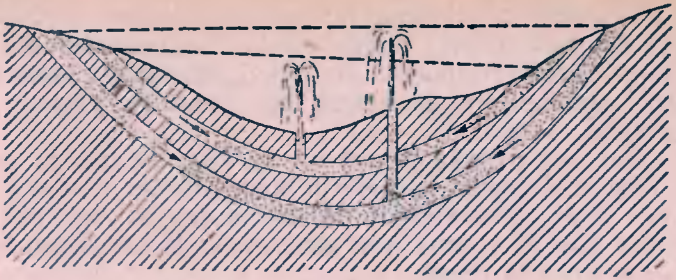


Fig. 103 — Apele arteziene se formează în cazul unei anumite structuri geologice a terenului.

de nisip să stea nu orizontal, ci sub formă de cupă (fig. 103). O asemenea așezare a stratelor este rezultatul unor mișcări tectonice.

Să ne închipuim că apa se va infiltra în stratele de nisip cuprinse între stratele de argilă. In decurs de zeci, sute și chiar mii de ani, apa poate să umple tot stratul de nisip. Este ușor de înțeles că în partea inferioară a stratului, apa se va afla sub o mare presiune. Doar asupra ei apasă o coloană de lichid a cărei înălțime este determinată de poziția marginilor cupei. Dacă am face o sondă sau un puț în fundul cupei, apa ar țîșni neapărat. Dacă am face însă o astfel de sondă pe flancurile cupei, apa nu va mai țîșni, ci doar se va ridica la o anumită înălțime.

Apele subterane țîșnitoare au căpătat denumirea de *arteziene,* după numele provinciei Artois din Franța, unde au fost întîlnite pentru prima oară. Acest tip de apă este folosit pe scară largă pentru aprovizionarea orașelor și satelor cu apă potabilă de calitate superioară. Sondele arteziene pot să dea mari cantități de apă. La începutul secolului al XIX-lea, în regiunea Parisului o sondă forată a avut un debit care ajungea pînă la 16.000 de metri cubi de apă pe zi.

Izvoarele arteziene alimentează cu apă cele mai mari orașe din Uniunea Sovietică: Moscova, Leningrad, Krasnodar, Minsk, Tbilisi și multe alte orașe mari și mici, sate și cătune.

APA „MACINĂ“ ROCA

Am vorbit mai sus despre evacuarea printr-un curs de apă a particulelor de roci afînate — sufoziune mecanică.

In multe cazuri, deplasîndu-se în rocile pe care le dizolvă apa, apele subterane nu numai că atrag particulele de roci, dar le şi dizolvă. Dintre rocile solubile fac parte sarea gemă, ghipsul, calcarul, dolomitul şi altele.

Apa „macină“ cu deosebită lăcomie sarea gemă. Aproximativ fiecare 3 metri cubi de apă sînt în stare să dizolve un metru cub de sare. Vă puteţi convinge uşor de acest lucru dacă turnaţi 1/3 sare într-un pahar în care sînt 2/3 apă. După 10—15 minute sarea se va dizolva.

Ghipsul se supune dizolvării mult mai puţin. Pentru a dizolva un kilogram de ghips este necesară o cantitate de 480 de kilograme de apă. Puneţi o bucată de ghips într-un pahar de apă. Oricît ar sta ghipsul acolo, nu veţi observa nici o schimbare vizibilă a volumului lui. Încercaţi, însă, să puneţi aceeaşi bucată de ghips într-un jgheab în care circulă în permanenţă un curent de apă. După un anumit timp volumul ghipsului se va reduce vizibil.

Calcarul este şi mai puţin solubil. Pentru a dizolva un kilogram de calcar ne trebuie cel puţin 30 de metri cubi de apă pură. Procesul de dizolvare a calcarului se accelerează dacă în apă există bioxid de carbon. În acest caz un kilogram de calcar poate fi dizolvat în 1 000 de litri de apă.

Cifrele înşirate cu privire la solubilitatea rocilor sînt, desigur, aproximative. În condiţii naturale sînt posibile cazuri cînd apa este saturată cu săruri care intră în compoziţia rocilor. Atunci nu se va mai produce dizolvarea continuă a mineralelor analoge din punctul de vedere al compoziţiei.

Asupra solubilităţii rocilor influenţează temperatura, prezenţa în apă a diferitelor combinaţii chimice : acizi, alcalii, săruri.

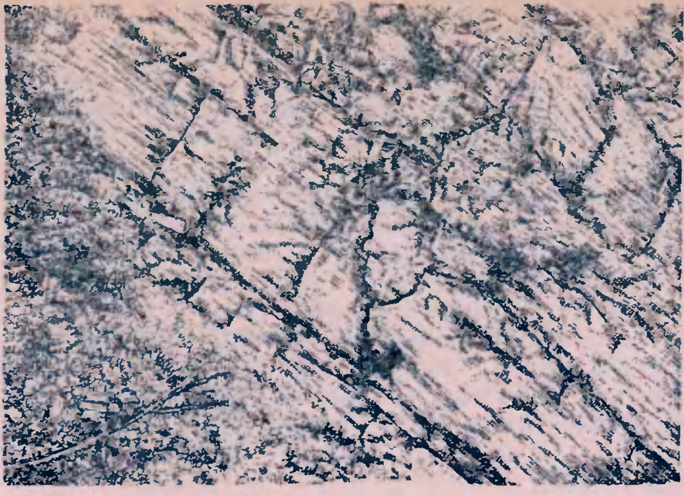


Fig. 104 — Fisuri denudate sub acţiunea apei într-un strat de calcar (Crimeea).

O mare importanţă au, de asemenea, caracterul fisurării rocilor, viteza de circulaţie a apei subterane şi alţi cîţiva factori.

Circulaţia permanentă a apei prin fisuri duce la lărgirea lor şi la transformarea lor în mari cavităţi (fig. 104).

TRUDITOARE NEOBOSITĂ

Şuviţele de apă acţionează zi de zi, de sute, mii şi milioane de ani. Ele dizolvă şi găuresc, şlefuiesc şi denudează suprafaţa pămîntului. Apa este aceea care creează defileurile adînci, rîpele şi văile rîurilor. Cursurile de apă antrenează şi transportă la sute şi mii de kilometri substanţele dizolvate şi debitul solid în suspensie. Marile rîuri transportă în mări și oceane miliarde de tone de nisip și mîl. Ele înfundă cu mîl bazinele de apă, făcîndu-le să se retragă, să cedeze locul uscatului. Un strălucit exemplu este în această privință Marea de Azov. În fiecare an rîurile transportă în mare cantități colosale de materiale solide.

În timpul lui Petru I, Azovul era un oraș portuar, și lîngă zidurile lui vuiau valurile mării.

A. N. Tolstoi, în romanul său, prezintă astfel panorama ce se desfășura în fața oștilor rusești care asediau orașul: „Departe, în golful liniștit, se zăreau niște corăbii înalte, cu pînzele coborîte și cu tunuri multe... Petru privea încîntat spre mare, spre ziduri, se uita la scînteierile semilunelor de pe minarete, la corăbii, la lumina vie a asfințitului..."

Să facem astăzi o plimbare prin locurile unde odinioară se aflau oștile lui Petru I. Pretutindeni se întinde stepa, scînteiază brațele și gîrlele Donului, și departe în pîclă se ascund întinderile luncii Donului. Se înalță clădirile noi-nouțe cu mai multe etaje ale Azovului sovietic, coșurile uzinelor, stîlpii liniilor de transport de energie electrică. Dar unde este marea? Într-o perioadă relativ scurtă marea s-a depărtat de oraș cu 10—14 kilometri. Golful cîndva bogat în apă al Taganrogului a scăzut într-atît, încît vapoarele pot circula acum numai prin canale maritime speciale. Peste o sută de ani el va dispare cu desăvîrșire, înfundat în nisipul și mîlul adus de apele Donului. Este însă adevărat că reglementarea rîurilor, crearea mărilor interne va întîrzia întrucîtva acest proces.

Extrem de variată este activitatea apei în regiunile de evoluție a ghipsurilor, calcarelor și a altor roci solubile. Apa sapă în ele de la cele mai mici adîncituri și caverne pînă la peșteri mari, care măsoară zeci și sute de metri.

În Iugoslavia există un vast platou pietros constituit din calcare. Platoul poartă denumirea „Karst" sau, mai precis, „Kras". Kras este un cuvînt slav care poate fi tradus prin piatră.

Platoul Karst este un pustiu pietros care te surprinde prin aspectul său mohorît. Aici nu există apă şi nu vezi nici petic de verdeaţă. Suprafaţa platoului este acoperită de crăpături, gropi, văgăune şi pîlnii. Există rîuri, dar ele curg sub suprafaţa pămîntului, în albii subterane întunecoase şi igrasioase. Traversarea platoului prezintă multe dificultăţi călătorului. Pe lîngă ariditate, la fiecare pas îl pîndesc crăpături adînci, subsidenţe, puţuri fără fund. Platoul Karst este un exemplu clasic de acţiune de denudare a apei asupra rocilor solubile şi, din această cauză, denumirea lui s-a extins asupra acestor fenomene luate în ansamblu: formarea unui relief aparte şi a unor cavităţi subterane ca rezultat al dizolvării rocilor sub acţiunea apei se numeşte *carst*.

Construirea caselor, a clădirilor industriale, a barajelor, a drumurilor şi a altor amenajări în raioanele de dezvoltare a carstului constituie o problemă inginerească complexă. În rezolvarea ei un rol de seamă revine inginerilor geologi care, bazîndu-se pe studierea detaliată a proceselor carstice, prezintă concluziile cu privire la condiţiile de construire a edificiilor.

Să facem cunoştinţă mai îndeaproape cu procesele carstice. Iată, în faţa noastră se întinde o suprafaţă de calcar aflorată. Şuviţele de apă circulă prin adîncituri abia vizibile şi le erodează treptat. Cu timpul ele transformă aceste adîncituri în mici jgheaburi abia perceptibile şi apoi în fisuri înguste şi adînci. Iau naştere forme specifice ale carstului de suprafaţă, denumite lapiezuri sau karren (fig. 105).

Adîncimea lor variază de la cîţiva centimetri pînă la 1—2 metri. În regiunile cu clima umedă lapiezurile se pot transforma în canale-fisuri carstice înguste, care ating o adîncime de 6—10 metri. Formele carstului de suprafaţă se întîlnesc de cele mai deseori într-un complex cu formele subterane.

Formaţiunile carstice imprimă suprafeţei un aspect neobişnuit, sălbatic. Aceste teritorii sînt de obicei deşerturi lipsite de viaţă şi aride, deoarece apa de ploaie se scurge repede în adîncul calcarelor. Lapiezurile constituie, de asemenea, un important obstacol pentru transport.

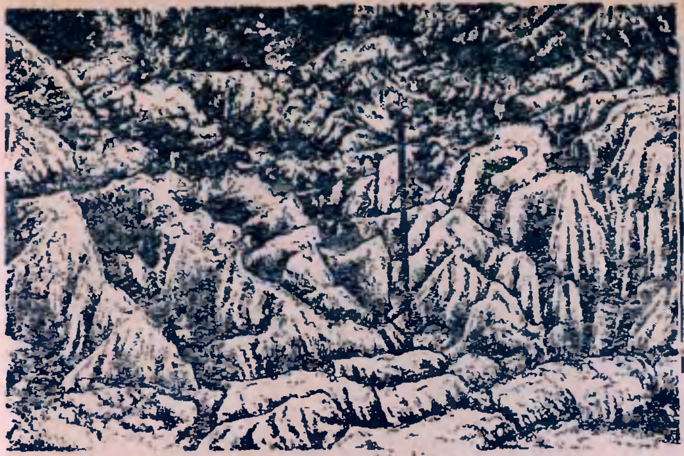


Fig. 105 — Lapiezuri pe suprafața calcarului.

Relieful carstic mai poate fi întîlnit în Australia, America de Nord și în alte locuri. În Uniunea Sovietică forme carstice există pe vîrfurile calcaroase plate ale Munților Crimeei sau, cum li se mai spune, iaila, precum și în unele regiuni din Caucaz.

Pe lîngă lapiezuri, formele masive de relief carstic de suprafață sînt reprezentate prin *pîlnii carstice*. Ele se formează ca rezultat al lărgirii și adîncirii fisurilor. Afară de asta, pîlniile pot fi create și în alt mod — prin prăbușiri. Despre pîlniile de acest tip vom vorbi în capitolele următoare.

Pe platoul Karst din Iugoslavia se întîlnesc sectoare în care pîlniile, asemenea unor ciupituri de vărsat, au „mîncat" suprafața pămîntului. Numărul de pîlnii ajunge la 150 de bucăți pe kilometru pătrat. Într-o altă regiune carstică, în Munții Crimeei, numărul de pîlnii pe aceeași suprafață ajunge, de asemenea, la o cifră impresionantă: 40—80 de bucăți. Diametrul pîlniilor oscilează între 10 și 200 de metri, iar adîncimea lor — de la 2 la 40 de metri.

Forma pîlniilor este cît se poate de variată: există pîlnii rotunjite eliptice, alungite, neregulate. Adesea pe fundul pîlniei pot fi descoperite găuri căscate (fig. 106). Apa care ajunge aici este absorbită pînă la ultima picătură.

În partea de nord a Uniunii Sovietice se spune că apa din pîlnii „ponoară" (se scurge înăuntru). De aici a apărut și denumirea acestor găuri — ponoare.

În regiunile de mare răspîndire a proceselor carstice pot fi întîlnite și forme superficiale gigantice. Pîlniile, reunindu-se, pot forma depresiuni carstice (denumite uvala). Acestea sînt depresiuni vaste. Pe muntele Ai-Petri există o depresiune lungă de 1 000 de metri și lată de 250 de metri. Dimensiuni și mai mari au formele carstice denumite *polje*. Lungimea lor poate să atingă kilometri și chiar zeci de kilometri. Formarea poljelor este legată de un întreg complex de procese. Ele apar ca rezultat al prăbușirii tavanului unor cavități subterane, sau ca urmare a unei scufundări lente a suprafeței și, în fine, a dizolvării rocilor.

Un exemplu de polje poate servi valea carstică a rîului B. Gluhaia (afluent al rîului Ciusovaia), descrisă de A. G. Cikișev. Lungimea ei este de 15 kilometri, iar lățimea de 5 kilometri. Adîncimea medie variază între 80—100 de metri.

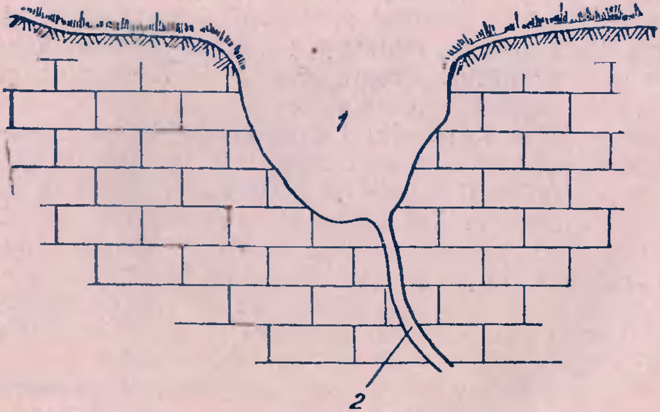


Fig. 106 — Pîlnie carstică (1) cu ponor (2).

Livnoanjsko-polje din Herțegovina (Iugoslavia) ocupă o suprafață de 379 de kilometri pătrați. Pereții ei sînt abrupți și înalți. În unele sectoare formează prăpăstii adînci pînă la 100 de metri.

O formațiune de acest gen este și valea Baidarskaia din Crimeea, cu o lungime pînă la 10 kilometri și o lățime de aproximativ 4 kilometri.

Și mai variate sînt formele carstice subterane.

LUMEA SUBTERANĂ

Încă de la primii pași ai dezvoltării sale, omul a făcut cunoștință cu lumea peșterilor. Oamenii preistorici, care nu știau să-și zidească clădiri, se foloseau de peșteri ca de un adăpost sigur în fața frigului și a ploii, a animalelor sălbatice și a triburilor vrăjmașe. Am putea spune că cultura omului a început să ia naștere în lăcașurile acestea primitive, în peșteri. A trecut timpul, omul a ieșit din bezna peșterilor și a învățat să dureze case. Atunci peșterile au început să i se pară misterioase și înfricoșătoare. În jurul lor au început să se țeasă legende și mituri. Și iată peșterile devenite izvor de superstiții.

Mitologia antică greacă a acordat o atenție deosebită peșterilor. Ea le-a populat cu titani puternici și cumpliți. Mitologia afirma că sufletele celor morți se prăbușesc prin prăpastiile din pămînt în peșterile uriașe din adîncurile subpămîntene. Aici curg rîurile negre și se află împărăția îngrozitoare a lui Hades. Totodată, păstrînd amintiri vagi despre siguranța sălașelor subpămîntene, grecii antici au creat legenda nașterii zeului lor de căpetenie Zeus într-o peșteră adîncă din insula Creta.

La apariția superstițiilor legate de peșteri au contribuit, într-o bună măsură, unele fenomene enigmatice observate în peșteri. Unul dintre acestea este efectul sonor cu totul original. Așa de pildă, datorită unei acustici specifice, susurul slab al unui curs de apă pare un glas de om venind de undeva din adîncurile pămîntului.

Multe popoare imaginau peșterile cu ființe fantastice. Astfel, europenii socoteau că în peșterile subpămîntene locuiesc ființe fabuloase, și anume gnomii, care topesc și prelucrează metalele.

Buriații credeau că unele peșteri sînt locuite de o divinitate teribilă — stăpînul munților. Lîngă aceste peșteri se săvîrșeau regulat rituri religioase. Apa din peșterile Baidinskie, situate pe malul lacului Baikal, era considerată tămăduitoare datorită duhului prezent în ea. Pentru a îmbuna duhul, în vechime i se aduceau drept jertfă bani de argint, care erau aruncați în izvorul ce curge pe fundul peșterilor.

Sute de legende și mituri legate de peșteri s-au creat în China. În una din aceste legende se istorisește că lîngă orașul Iuan-Tzean-cen, în munții calcaroși Iunnan, există o mare Peșteră a Draconului. În această peșteră este întuneric și umezeală. Într-unul din pereții ei este adînc împlîntată o spadă ruginită. Legenda povestește că în această peșteră a locuit cîndva, în antichitate, un împărat-dracon. Ori de cîte ori draconul ieșea din peșteră, toamna, se produceau inundații îngrozitoare care distrugeau regulat toată recolta coaptă. Păstorul Danai a aflat despre acest lucru. El a rugat pe un meșter fierar să-i facă o spadă fermecată ca să lupte cu draconul înfricoșător. Înarmat, Danai a intrat în peșteră. După o luptă aprigă eroul l-a înfrînt pe dracon. Cînd însă a dat să iasă din peșteră, el a întîlnit în drum un bloc imens de piatră. Cu o lovitură puternică, păstorul a înfipt spada fermecată în stîncă, dar aceasta nici nu s-a clintit. Șireata nevastă a draconului l-a pedepsit pe păstor pentru moartea bărbatului său, astupînd intrarea în peșteră.

Multe povești și legende vorbesc despre averile și comorile neprețuite îngropate în peșteri. Așa este legenda despre comorile pe care oștile chinezești le-ar fi ascuns într-o peșteră inaccesibilă din muntele

Kalak-Taş, în Pamir. După cum se ştie, oamenii de ştiinţă şi alpiniştii sovietici au verificat această legendă şi au stabilit că în prezent peşterile, deşi poartă urmele unei existenţe a oamenilor, nu conţin, totuşi, obiecte de valoare.

Multe asemenea legende se referă la peşterile greu accesibile din Caucaz şi Siberia.

Marea majoritate a peşterilor reprezintă forme carstice subterane. Rareori acestea au o altă origine. Un exemplu de peşteră de origine artificială îl poate servi cunoscutul templu dintr-o peşteră din provincia Gansu din China, care reprezintă, de fapt, un număr de peste 500 de peşteri sculptate cu măiestrie de mîna omului în gresie tare. A fost nevoie de peste 1 600 de ani pentru a se construi acest templu unic în felul său.

Nu mai puţin interesant este oraşul-cetate Vardzia, săpat în peşterile de pe malul rîului Kura din Gruzia (fig. 107). Intr-o stîncă inaccesibilă, mîna omului a săpat sute de peşteri-odăi amplasate în opt etaje. Trebuie spus că primul etaj se ridică deasupra Kurei, la o înălţime de 90 de metri, iar ultimul — la 135 de metri. Aici există, de pildă, „Sala Consiliului" lungă de 10 metri şi lată de 7 metri. Construit în secolul al X-lea, oraşul a fost timp de mai multe veacuri un vajnic păzitor al Gruziei, în faţa căruia s-au oprit nu o dată invaziile duşmanilor.

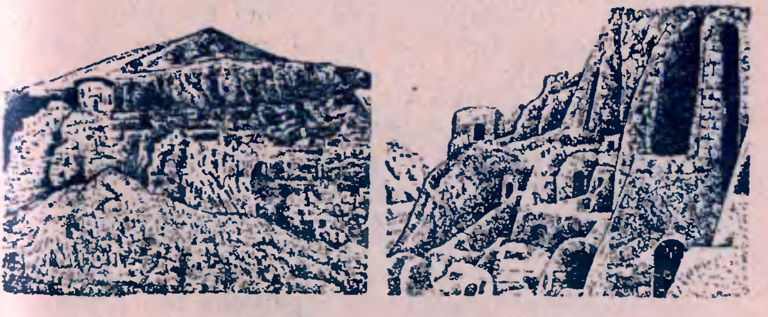


Fig. 107 — Oraşul Vardzia săpat în peşterile din Gruzia (*fotografie de Kononenko*).

La fel de interesante sînt orașele chinezești de peșteră, care sînt alcătuite din case săpate în peșterile din taluzurile verticale de loess uscat. Aceste case au mai multe camere tencuite pe dinăuntru cu var. Ele și-au menținut rezistența timp de mai multe sute de ani.

Peșterile artificiale sînt interesante, dar ele sînt cu mult mai prejos, nu numai ca dimensiuni, ci și ca frumusețe, față de peșterile carstice făurite de activitatea șiroaielor de apă.

Peșterile carstice reprezintă o lume minunată și variată. Studierea acestei lumi prezintă un mare interes pentru arheologie, întrucît în peșteri s-au păstrat mărturii din viața unor întregi generații ale lumii antice.

O mare însemnătate are studierea cavităților subterane pentru construcțiile hidrotehnice și industriale. Fără o studiere detaliată a cavităților subterane, fără elucidarea gradului de periculozitate care rezidă în prăbușirea tavanului peșterilor, nu pot fi construite clădiri capitale, nu se pot crea baraje și lacuri de acumulare în regiunile de dezvoltare a carstului.

În fine, peșterile dețin un rol deosebit în formarea debitului subteran al apei, în dezvoltarea unei faune și flore specifice.

Importanța studierii lumii subterane a dat naștere unei științe care se ocupă de originea, structura și dezvoltarea peșterilor. Această știință a căpătat denumirea de speologie (de la cuvîntul grecesc *spelaion* — peșteră).

Cercetarea peșterilor și a prăpăstiilor este deseori legată de mari dificultăți și riscuri. În anul 1952, cercetînd prăpastia Martin (din Pirinei), a pierit speologul francez M. Loubin.

Vizitarea peșterilor constituie un prilej de excursii extrem de atrăgătoare. Din acest motiv, turismul în peșteri capătă o dezvoltare tot mai mare. Această formă de excursii, alături de alpinismul din peșteri, este menită să ocupe un loc de frunte în cunoașterea universului peșterilor.

În Statele Unite ale Americii, în statul Kentucky, în apropierea oraşului Louissville, se află cea mai mare dintre peşterile cunoscute — Mamoth Cave (Peştera Mamutului). Ea reprezintă o întreagă lume subterană, cu un sistem propriu de rîuri şi lacuri. Galeriile subterane formează un labirint extrem de complicat, alcătuit din cinci caturi. În peşteră există 223 de galerii, 225 de culoare şi 77 grote mari. Dacă toate culoarele şi galeriile ar fi întinse în linie, lungimea lor ar depăşi 240 de kilometri. Cea mai puternică impresie o produce asupra turiştilor grota cea mai mare a peşterii, denumită „Templu". În lungime ea are 163 de metri şi o lăţime de 87 de metri. Înălţimea peşterii măsoară aproape 40 de metri.

În Peştera Mamutului curg trei rîuri, care formează într-o serie de sectoare cascade şi praguri; tot aici există trei lacuri destul de mari.

Pe platoul Kentucky, unde se găseşte Peştera Mamutului, suprafaţa calcaroasă este literalmente măcinată de formaţiunile carstice. Aici au fost descoperite 60 000 de pîlnii şi sute de peşteri. Foarte recent în această regiune, în afara grandioasei peşteri descrise mai sus, a fost descoperit încă un sistem asemănător care este deocamdată insuficient cercetat. Pînă în prezent s-a reuşit să se traseze pe hartă numai 60 de kilometri de galerii şi grote subterane ale acestui univers subteran nou descoperit.

Dintre cele mai mari formaţiuni carstice de acest tip trebuie menţionată, de asemenea, peştera Carslbad din statul New Mexico (S.U.A.). Înălţimea uneia dintre grotele ei depăşeşte 91 de metri, iar lungimea ei este de 1 200 de metri. Pentru o vizitare mai comodă a peşterii, americanii au construit pentru turişti un lift extrem de frumos pentru urcarea şi coborîrea excursioniştilor.

Multe peşteri sînt şi în Europa occidentală. Dimensiuni deosebit de mari atinge peştera Helloch din Elveţia, care înseamnă în traducere „Gaură de pesteră". Trecerile subterane săpate de apă în masivul calcaros, care au fost cercetate, se întind pe o distanță de 70 de kilometri. Cu nimic mai prejos este și marea peșteră Eisriesenwelt („Gigantica lume de gheață").

In Europa și în America pot fi numărate zeci de peșteri a căror intindere variază de la 3 la 25 de kilometri. Mii de peșteri de dimensiuni mai mici sînt răspîndite în toate regiunile globului pămîntesc.

Sînt relativ mai puțin cercetate peșterile din Africa, Asia și America de Sud. Pe temerarii cercetători îi mai așteaptă aici încă multe surprize.

In Uniunea Sovietică sînt, de asemenea, multe peșteri. Una dintre cele mai cunoscute regiuni cu peșteri este Crimeea. Lanțul muntos din partea de sud a peninsulei Crimeea este alcătuit din complexe groase de calcare. Ele formează vîrfuri originale. De sute de mii de ani apa roade și dizolvă aceste suprafețe de calcar. Infiltrîndu-se prin numeroasele fisuri, apa a creat forme subterane complexe — sute de peșteri carstice variate. De o largă popularitate se bucură în rîndul turiștilor peșterile carstice de lîngă satul Sorokino, situate în ramificațiile de nord ale muntelui Demerdji-Iaila. In adîncul uneia dintre aceste peșteri există un rîu subteran. Multe peșteri se găsesc pe platoul Karabi-Iaila, aflat în partea de nord-est a orașului Sudak. Cel mai mare masiv calcaros din munții Ceatîr-Dag din Crimeea, pe care se află una dintre cele mai înalte culmi ale Crimeei — Eklizi-Burun (1525 de metri), numără zeci de peșteri interesante.

In afară de peșterile carstice, Crimeea este cunoscută prin orașele remarcabile din peșteri create în secolele V—VI: Ciufut-Kale, Tepe-Kermen etc. Mîna omului a săpat în stînci sute de peșteri în care odinioară se aflau locuințe, biserici. Intr-o serie de peșteri carstice au fost descoperite așezări ale oamenilor primitivi din epoca de piatră veche (paleolitic). O faimă deosebit de mare au căpătat-o descoperirile arheologice din peșterile Kiik-Koba (raionul Zuia), Ciokurcea (în apropierea Simferopolului) etc.

O altă regiune bogată în peșteri este Caucazul. Aici o serie de creste muntoase sînt alcătuite din calcare, dolomite şi roci cretacice. Apa a săpat în aceşti munţi suprafeţe carstice şi forme de adîncime complicate.

Numeroase peșteri carstice se află şi în Gruzia de vest. În rîndul turiştilor, de largă popularitate se bucură peșterile de lîngă Kutaisi. Există peșteri carstice și de-a lungul Şoselei militare-Suhumi (lîngă satul Ţebelda), și la nord-est de Suhumi (lîngă satul Şrom).

Un loc îndrăgit de turiști este marele sistem de peșteri cu mai multe caturi de pe cursul superior al rîului Hosta și Kudepsta, lîngă satul Voronţovka. După locul unde se găsesc, acest sistem a fost denumit sistemul de peșteri Voronţov.

Sute de peșteri se găsesc și în alte regiuni din Caucaz. Ele îi așteaptă deopotrivă pe turişti şi pe cercetători.

Forme carstice subterane se mai întîlnesc în Urali şi în regiunea Uralului. Pe aceste meleaguri sînt cunoscute zeci de peşteri mari, printre care și cea mai mare din U.R.S.S. — peștera Kungur. Formaţiuni carstice există și în alte regiuni ale Uniunii Sovietice: în Asia Centrală, în Altai, în regiunea lacului Baikal, în Orientul Îndepărtat.

PRĂPASTIILE

Întîlnind pe suprafaţa calcarului sau a ghipsului fisuri, picăturile de ploaie „se prăbușesc" în ele. Procesul de dizolvare se desfășoară zi de zi. Trec veacuri, şi fisurile, cîndva subţiri, se transformă în puţuri sau galerii carstice.

Cele dintîi se caracterizează prin dimensiuni mai mici. Adîncimea lor nu depășește 30 de metri. Galeriile carstice însă ating adîncimi mult mai mari.

Duduleanu Sori

Procesul continuu de dizolvare a rocilor poate să transforme galeria într-o prăpastie carstică. O trăsătură caracteristică a acestei prăpăstii este partea superioară lărgită pînă la cîţiva zeci de metri. Drumul apei depinde de direcţia fisurilor. De aceea, galeriile şi prăpăstiile carstice, păstrîndu-şi direcţia verticală pe o porţiune mare, în unele sectoare se pot transforma în galerii mari, grote şi săli înclinate. În acest caz prăpastia se preschimbă într-un sistem carstic complex, care seamănă cu cel al peşterilor (fig. 108).

Adîncimi deosebit de mari ating prăpăstiile din zona litoralului Mării Mediterane. In prezent, din prăpăstiile cunoscute cea mai adîncă este considerată prăpastia Tantal, situată în Alpii orientali. S-a stabilit că adîncimea ei depăşeşte 1 000 de metri. O

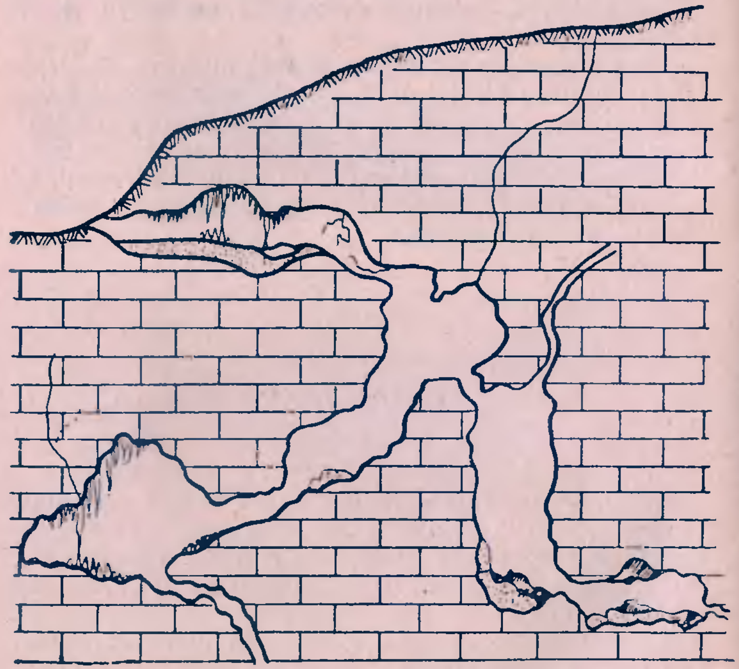


Fig. 108 — **Sistem de peşteri în calcare.**

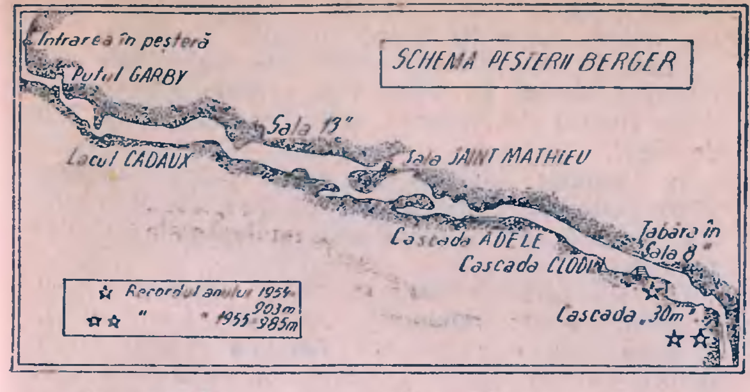

Intrarea în peşteră
Puţul GARBY
SCHEMA PEŞTERII BERGER
Sala 13"
Lacul CADAUX
Sala SAINT MATHIEU
Cascada ADELE
Tabără în Sala 8"
Cascada CLODIN
Cascada „30m"
☆ Recordul anului 1954 903m
☆☆ " " 1955 985m

Fig. 109 — Schema prăpastiei şi peşterii Berger (Franţa).

adîncime aproximativ tot atît de mare are şi prăpastia carstică Berger din Franţa. În Spania, Franţa, Italia şi Austria există peste zece prăpăstii cu o adîncime de o jumătate de kilometru.

Este interesantă povestea asaltului prăpastiei şi peşterii Berger. Acest gigantic sistem a fost descoperit abia în anul 1953. El este situat pe platoul calcaros Sornen (Franţa), la o înălţime de 1 450 de metri. Intrarea în peşteră reprezintă o trecătoare îngustă de 5 metri. Ceva mai departe se îngustează într-atît, încît un om abia se poate strecura prin ea. După această „gîtuitură" se desfăşoară o anfiladă neîntreruptă de puţuri, galerii, canale şi grote (fig. 109). În cea mai mare parte a acestor cavităţi curge un rîu subteran care formează în drumul său o serie de cascade. Nouă cercetători îndrăzneţi, înfruntînd prăpăstiile şi apa rece ca gheaţa, cascadele şi grohotişurile, după ce au organizat în drumul lor două tabere (una la adîncimea de 500 de metri, iar cealaltă la 800 metri) au atins cota de 1 000 de metri. Baza inferioară a fost amenajată în „Sala a treisprezecea". Aceasta este o grotă imensă, pe fundul căreia se găsesc cîteva zeci de lacuri mici. Sala este în permanenţă zguduită de o asurzitoare canonadă de tun, pe care o produce un mic pîrîiaş ce curge dintr-un perete. Sunetul slab, preluat de bolţi şi răsfrînt de o mie de ori de pereţi, răsună puternic.

Prăpăstii adînci există şi în alte regiuni ale pămîntului. Astfel, în Africa este cunoscută prăpastia Annu Bussui (în Algeria). Adîncimea ei este de 539 de metri.

În Uniunea Sovietică nu există prăpăstii foarte mari. Galeriile carstice de pe culmile plate ale Munţilor Crimeei au o adîncime care nu depăşeşte 80—120 de metri.

Cititorii care au auzit de oraşul Piatigorsk ştiu probabil şi de renumitul „Proval" (Surpătura). Aceasta este o catacombă carstică relativ puţin adîncă (41 de metri). Ea este cunoscută de foarte multă vreme. Într-una din legendele legate de această catacombă se istoriseşte că în adîncă antichitate aici locuia un zmeu care sufla foc pe nări. Noaptea el ieşea din hruba sa, răpea din sate fetele tinere şi le înghiţea.

Primii cercetători ai „Provalului", examinînd superficial, au tras concluzii eronate cu privire la originea catacombei. M. I. Lermontov, care a vizitat-o, scria: «...După părerea oamenilor de ştiinţă această surpătură nu este altceva decît craterul unui vulcan stins». La presupunerea acestui lucru a contribuit în bună măsură mirosul de sulf exalat din „Proval".

În realitate, catacomba reprezintă o tipică galerie carstică. Ea s-a format din cauza prăbuşirii unei cavităţi din calcare. Cavitatea a luat naştere în procesul dizolvării îndelungate a rocilor de către apa caldă, saturată cu hidrogen sulfurat şi bioxid de carbon, care circulă prin fisuri.

În anul 1858, în roca tare a fost săpat un tunel orizontal de 44 de metri; el a permis vizitatorilor să se apropie de grota cu care se termină galeria. Pe fundul grotei există un mic lac cu apă albăstruie sulfuroasă. Dacă veţi coborî în apă o crenguţă, ea se va acoperi repede cu un strat compact de sulf.

Puţuri şi galerii carstice se întîlnesc şi în alte locuri din Uniunea Sovietică: în Urali, Altai, Asia Centrală.

RIURI CARE CURG ÎNDĂRĂT ŞI LACURI CARE DISPAR

Să mergem cu gîndul în regiunea Vologda, pe malul lacului Kuşt. In faţa noastră se desfăşoară o întindere de apă albastră pe o suprafaţă de 3,5 × 6 kilometri pătraţi. Aici se observă fenomene surprinzătoare. În anumiţi ani, vara, apa dispare destul de repede din lac, şi pe fundul lui apar terenuri de fîneaţă de toată frumuseţea. După un anumit timp apa revine în lac. Unde a dispărut şi de unde a venit ea din nou ? S-a constatat că în fundul lacului există un ponor. Printr-un canal subteran apa se scurge în lacul Kainskoie din vecinătate.

Există încă un lac asemănător — Drujinskoe, la 10 kilometri de lacul Beloe. Acest lac dispare o dată la cîţiva ani, scurgîndu-se în ponoarele aflate pe fundul lui.

Dacă în timpul verii, în regiunea unuia dintre lacurile unite prin canale carstice cu alte lacuri, cade o ploaie torenţială, în celelalte lacuri nivelul se poate ridica foarte repede. Cauza principală care duce la scurgerea apei în canalele subterane este micşorarea afluxului ei în lac. Cantitatea de apă care iese prin ponoare începe să depăşească afluenţa, şi lacul seacă.

Uneori se produce un fenomen în aparenţă inexplicabil. Apa din lac se scurge cu zgomot în canalele carstice în cîteva ceasuri. Nici peştii din apa lacului nu apucă să plece o dată cu ea, şi rămîn neputincioşi pe fund.

Un asemenea fenomen are loc atunci cînd un ponor înfundat este spălat de apă cu presiune. Tocmai prin orificiul creat în felul acesta se desfăşoară secarea lacului.

Asemenea lacuri se găsesc în număr mare în regiunile Novgorod, Leningrad şi Gorki.

Interesante sînt şi rîurile de aici. Iată unul din ele. Venim pe malul lui a doua zi şi vedem că rîul curge în sens invers. Dacă o atare schimbare a direcţiei are loc iarna, ea este însoţită de o spargere zgomotoasă a gheţii.

Explicaţia unei comportări atît de stranii a rîurilor nu este dificilă. Rîurile acestea unesc de obicei două lacuri. Dacă din lacul care dă naştere rîului apa se scurge printr-un ponor, rîul poate să înceapă a curge îndărăt (fig. 110).

Şi pe fundul rîurilor pot să existe ponoare. În acest caz, pe vreme de secetă un astfel de rîu poate să dispară. Ca exemplu poate servi cursul superior al marelui fluviu european Dunărea. Pe vreme de secetă apele Dunării sînt complet absorbite de ponoarele de lîngă orașul Immendingen. Pe o distanţă de 13 kilometri Dunărea curge pe sub pămînt, după care iese la suprafaţă sub formă de izvor puternic.

Rîul Timavo, care se varsă în Marea Adriatică cu 20 de kilometri la nord de Trieste, curge pe o întindere de zeci de kilometri prin canale subterane.

Un alt exemplu ni-l oferă rîul Suuk-Su din Crimeea. Primii patru kilometri rîul îi străbate printr-un canion îngust, după care se scufundă într-un canal carstic. Abia după cîţiva kilometri el apare din nou la suprafaţă, formînd izvoarele rîului Ciornaia.

Rîuri care dispar există şi în Caucaz, în Başkiria şi în alte cîteva regiuni din U.R.S.S.

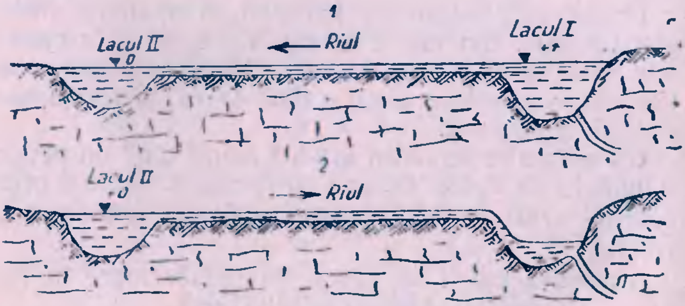


Fig. 110 — Rîul îşi schimbă cursul.
1 — ponorul este înfundat cu mîl,
2 — ponorul este deschis.

In regiunile de dezvoltare a fenomenelor descrise mai sus, construcția diferitelor instalații hidrotehnice, canale, baraje, lacuri de acumulare, ecluze, prezintă greutăți deosebite. Sistemele carstice, pe de o parte pot fi căi de scurgere a apei, iar pe de altă parte ele pot să inunde pe neașteptate teritoriile limitrofe.

SPLENDOAREA LUMII SUBTERANE

S-ar putea crede că în peșterile întunecate, cu intrări negre, căscate, nu există nimic interesant. In realitate însă lucrurile nu stau așa. Lumea subterană te uluiește prin diversitatea ei.

Mai întîi de toate te uimesc prin varietatea lor formațiunile cristaline din săruri calcaroase, de ghips, feruginoase etc. Precipitîndu-se în apă, acestea formează stalactite și stalagmite, stîlpi și coloane. *Stalactita* este un „țurțur" mare de calcar, atîrnat de tavan. El este rezultatul prelingerii treptate din tavan a unor picături care conțin în soluție carbonat de calciu. Inaintînd pe țurțuri, picătura apucă să separe din soluție o cantitate mică din această substanță. Partea care cade din ea se evaporă și lasă, de asemenea, o fracțiune oarecare de carbonat de calciu pe fundul peșterii; și din acest motiv, de pe fund, în întîmpinarea stalactitei crește *stalagmita*. In cele din urmă stalactita și stalagmita se contopesc și formează stîlpi și coloane de calcar. Formele și culoarea, combinațiile și formațiunile lor sînt infinit de variate: fie că seamănă cu niște fire dintre cele mai subțiri, fie că formează colonade groase cît pot cuprinde cu brațele doi oameni, fie că seamănă cu niște minarete, pagode, ori cu un animal oarecare. In figura 111 se poate vedea o formă originală de stalagmită, cu un aspect de minaret. Se întîlnesc adevărate cascade de piatră, parcă încremenite, formate prin acumularea a milioane de cristale mici de calcit.

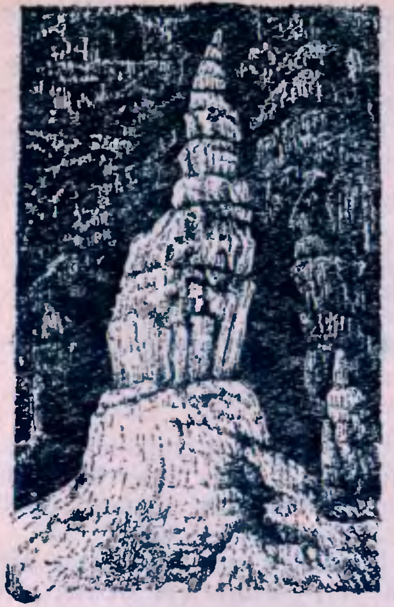


Fig. 111 — Stalagmită bizară.

In peşterile carstice subterane se întîlnesc stalactite cu o formă stranie, complicată. Ele au fost denumite helictite. Cercetătorul N. Kastere din Franța istorisește : „...Helictitele sînt un capriciu al naturii ; ele sînt uluitoare şi feerice ; formele lor sînt îndrăznețe și fantastice. De cele mai deseori helictitele atîrnă de pe tavan vertical, ca nişte fire subţiri, apoi parcă fără nici un motiv se încovoaie deodată brusc, se ridică sub un unghi ascuţit, formînd spirale, aruncînd în toate părţile un fel de tentacule ; se agaţă de stalactitele vecine, iar uneori se reîntorc din nou spre tavanul de care atîrnă..." Cauzele unor formaţiuni atît de surprinzătoare sînt deocamdată insuficient de clare.

Dacă am tăia cu ferăstrăul în două o stalactită sau o stalagmită, am putea vedea în secţiune transversală nişte inele, care amintesc de inelele anuale ale pomilor. Oamenii de ştiinţă au stabilit că într-un an se formează două inele, care se deosebesc prin culoarea lor. Lucrul acesta a permis să se stabilească vîrsta formaţiunilor calcaroase. In Uniunea Sovietică au fost tăiate stalagmite din Crimeea, avînd un diametru de 50 de centimetri. Calculîndu-se inelele, s-a stabilit că vîrsta lor atinge o cifră apreciabilă — 2 000 ani.

Stalagmitele groase din peşterile Slovaciei s-au dovedit a fi de o vîrstă cu totul remarcabilă — 100 000, pînă la 700 000 de ani. O stalagmită gigantică din peştera Carlsbad (din S.U.A.), avînd în diametru 4,9 metri, s-a acumulat, după cum a arătat calculul inelelor, timp de 60 de milioane de ani.

În peşterile de ghips nu se formează stalactite şi stalagmite. În schimb, ghipsul creează numeroase combinaţii de acumulări cristaline. Aici pot fi văzute cristale mari, flori şi formaţiuni arborescente nemaiîntîlnite (fig. 112).

Cristale la fel de interesante formează mineralul calcaros denumit aragonit. Ele seamănă cînd cu nişte flori exotice, cînd cu nişte fire; iar uneori formează tufişuri şi lăstărişuri întregi de ciorchini minerali legaţi şi împletiţi între ei.

În galeriile şi grotele subterane se întîlneşte uneori aşa-numita perlă de peşteră. Este vorba de formaţiuni globulare sau ovoide turtite cu un diametru de la 3 la 20 de milimetri. Dacă am tăia o asemenea perlă, am putea vedea că ea este alcătuită dintr-o mulţime de straturi. Zeci de coji calcaroase de dimensiuni din ce în ce mai mici sînt parcă introduse

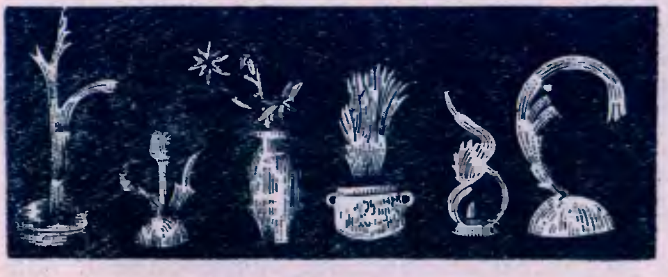


Fig. 112 — Flori de ghips din peşteri

una în alta. De cele mai deseori perlele sînt mate sau gălbui. Uneori se întîlnesc şi perle strălucitoare, amintind de porţelan.

Se consideră că formarea perlei de peşteră se produce într-un bazin de apă puţin adînc, atunci cînd şuviţe de apă cad de sus pe suprafaţa micului lac. Ele pun într-o mişcare lentă de rotaţie granulele fine în suspensie ale nisipului. Rotindu-se, granulele se acoperă de învelişuri de calcit. In U.R.S.S. perla de peşteră a fost descoperită în Urali în peştera Kizel.

In sistemele carstice subterane privirea turistului este atrasă nu numai de formaţiunile minerale. Rîurile străvezii ca cristalul, suprafeţele ca oglinda ale iazurilor, cascadele şi draperiile, îngrămădirea de stînci — toate acestea produc o impresie puternică, de neşters.

Studierea formaţiunilor minerale noi prezintă interes nu numai pentru mineralogie, dar şi pentru elucidarea particularităţilor de dezvoltare a peşterilor.

PEŞTERI AMENAJATE

E puţin probabil ca cineva să nu fi citit în copilărie captivantul roman al lui Mark Twain despre aventurile lui Tom Sawyer. Amintiţi-vă de episodul în care eroii romanului, Tom şi Becky, au plecat cu multă voie bună în excursie la peşteră. Cufundaţi în cercetarea peşterii, copiii s-au rătăcit... „Umblară orbecăind ba pe un drum, ba pe altul, pătrunzînd departe în adîncurile tainice ale peşterii... Intr-un loc dădură de o văgăună largă, din a cărei boltă atîrnau o mulţime de stalactite sclipitoare, mari cît un picior de om. Au dat ocol văgăunii, minunîndu-se de atîta frumuseţe, apoi au părăsit-o, intrînd într-unul din numeroasele coridoare ce porneau din ea. Curînd ajunseră la un havuz fermecător, al cărui bazin era încrustat cu o horbotă de gheață, din cristale sclipitoare. Se aflau în mijlocul unei văgăuni cu pereții sprijiniți de un mare număr de piloni cu forme fantastice, alcătuiți de îmbinarea unor stalactite și stalagmite mari, ce se formaseră de pe urma neîncetatei picurări a apei de-a lungul veacurilor..."

După ce au rătăcit trei zile și trei nopți prin nesfîrșitele galerii și grote, eroii au avut norocul să dea din întîmplare de o ieșire la suprafață, ieșire pînă atunci necunoscută, la 8 kilometri mai jos de la intrarea în peșteră.

Această aventură s-a sfîrșit pentru Tom și Becky destul de bine. Dar nu întotdeauna se întîmplă așa. În marile sisteme de peșteri se găsesc deseori schelete ale unor călători sau căutători de comori nenorocoși, care s-au rătăcit în nesfîrşitele coridoare, săli şi pasaje ale lumii subterane.

În întunericul adînc al subteranelor călătorul este expus primejdiilor: îl pot aștepta prăpăstii adînci, surpări nebănuite și multe alte surprize neplăcute.

Este foarte periculos să cobori în sistemele carstice de unul singur, asemenea plimbări trebuie făcute aproape întotdeauna în grup.

Multe peşteri din Europa și America sînt în mod prevăzător înzestrate cu uși și se încuie cu lacăte ale căror chei se păstrează de către autoritățile locale.

Unele peșteri din Europa centrală sînt din vechime locuri frecvent vizitate de turiști. Ele au fost cu timpul amenajate de om și s-au transformat în obiective turistice potrivite pentru excursii comode și pline de farmec. Un exemplu ni-l oferă una dintre cele mai frumoase peșteri din Cehoslovacia-Macocha. Galeriile şi grotele ei sînt inundate de lumină electrică, iar pe alocuri există proiectoare instalate cu măiestrie, care creează efecte optice, punînd în valoare decorațiile „sculpturale" formate de apă. În această peşteră turiştii sînt înconjuraţi de o atmosferă cu adevărat fabuloasă. Nu întîmplător aici s-au făcut filmările pentru binecunoscutul film „Floarea de piatră". Amintiţi-vă cît de uluitor era peisajul de basm în multe secvenţe ale filmului !

Peştera este constituită din multe galerii, coridoare şi pasaje care unesc sălile. Pe fundul galeriei principale curge rîul subteran Puncve. Potrivit unui obicei existent aici, turiştii fac şi o plimbare subterană cu barca. Deosebit de frumoasă este „Sala feerică", în care există mii de stîlpi calcaroşi, stalactite şi stalagmite.

De un renume deosebit se bucură în „Sala feerică" o remarcabilă operă creată de apă — „Stîlpul lui Hus", format din calcar. Este extrem de frumos şi „Lacul feeric". Apa lui de o transparenţă cristalină, luminată cu iscusinţă de proiectoare ca şi Stîlpul lui Hus, produce o impresie de neuitat asupra privitorilor.

Nu întîmplător peştera Macocha atrage în fiecare an mii de excursionişti, care doresc să vadă cu propriii lor ochi acest admirabil palat carstic subteran.

In Iugoslavia, pe platoul Karst, despre care am mai vorbit, se găseşte o altă peşteră amenajată. Ea se numeşte „Postoina Iama" (Văgăună de înotat). Aici, la dispoziţia excursioniştilor se află o cale ferată îngustă, electrificată. In faţa turiştilor se desfăşoară un tablou încîntător. Numeroasele săli cu ciudate concreţiuni de calcar sînt colorate în alb, roşietic, cafeniu, cenuşiu-deschis. Atrage atenţia o draperie de-un alb orbitor, avînd jos o bordură de cristale cafenii şi roşii. Ea este formată din mii de stalactite care s-au unit într-un întreg.

Galeriile şi sălile principale ale peşterii sînt luminate electric ; drumul este în mod prevăzător îngrădit în locurile periculoase.

Peşteri amenajate se găsesc şi în Uniunea Sovietică. Printre acestea se află şi cea mai mare peşteră Kungur, precum şi peştera Satapliiskaia (Gruzia).

În multe locuri ale globului pămîntesc se întîlnesc peşteri glaciale. O trăsătură distinctivă a acestora o constituie prezenţa gheţii în grotele şi galeriile subterane în tot timpul anului.

Contururile formaţiunilor de gheaţă frapează prin diversitatea lor. O largă răspîndire cunosc aici stalactitele şi stalagmitele de gheaţă. Contopindu-se, ele formează stîlpi de gheaţă groşi, care ating în diametru 1—3 metri şi chiar mai mult. Viaţa ţurţurului care s-a format la suprafaţa pămîntului este de scurtă durată. În schimb, stalactitele şi stalagmitele de gheaţă din peşteri pot să atingă o vîrstă de zeci şi sute de ani.

Masa principală a gheţii din peşteri este însă cuprinsă nu în aceste formaţiuni, ci în crusta de gheaţă care acoperă bolţile, pereţii şi fundul peşterilor.

Deosebit de multă gheaţă se acumulează pe fundul galeriilor şi grotelor. În peşterile de gheaţă din Cehoslovacia, stratul gheţii de pe fund ajunge la 15—20 de metri. În peşterile din Urali grosimea ei este ceva mai mică.

În grotele glaciale subterane se întîlnesc şi lacuri, şi rîuri îngheţate. Un efect deosebit produc cascadele de gheaţă nemişcate.

Pe bolţile şi pe pereţii acestor peşteri se pot vedea deseori concreşteri originale de cristale de gheaţă, formînd franjuri, lanţuri şi draperii care coboară din tavan.

Peşterile glaciale se pot întîlni destul de des. O parte din ele sînt situate în munţi, la mare altitudine, şi în acest caz formarea gheţii se datoreşte climei aspre care domneşte aici. Ca exemplu de peşteri glaciale de mare altitudine poate servi renumitul sistem carstic din Alpii orientali despre care am vorbit mai sus — Eisriesenwelt.

Un alt exemplu de peşteră glacială de mare altitudine este grota Castere, situată în Pirinei la o înălţime de 2 675 de metri.

Astfel de peşteri de dimensiuni mai mici se găsesc şi în Uniunea Sovietică. De pildă, peştera Ledeanaia[1] (vechea denumire este Buzluk-Koba) din Crimeea, aflată pe versantul de nord al muntelui Karabi-Iaila, la o altitudine de aproximativ 900 de metri. În această peşteră temperatura în lunile de vară este apropiată de zero, iar iarna coboară pînă la —2 sau — 5 grade. Cînd cobori în peşteră, primul lucru care îţi sare în ochi este un mic gheţar de pe fundul ei. Din tavan atîrnă ţurţuri de gheaţă-stalactite. Unele din ele ating în lungime 2—3 metri. Pe fundul peşterii se ridică stalagmite de gheaţă asemenea unor stîlpi. Printre acestea există unele mici, înalte de cîteva zeci de centimetri, dar există şi altele mai mari, depăşind de două ori înălţimea unui om. Mergînd în partea mai îndepărtată a peşterii poţi vedea cascade de gheaţă.

În regiunile centrale şi nordice din Uniunea Sovietică există peşteri glaciale aflate pe teritorii de şes. Ele pot fi întîlnite în Urali şi în regiunea Volgăi.

Cum se acumulează gheaţa în peşteri în aceste condiţii ?

Explicaţia este simplă. Formarea gheţii se produce de regulă în peşterile penetrabile pentru vînt, în care este posibil un curent de aer. În timpul iernii, în peşteri intră mult aer rece. El îngheaţă umezeala de aici, precum şi apa care se infiltrează prin crăpături. În anotimpurile călduroase aerul rece circulă prin peşteri. Întrucît temperatura aerului este totuşi mai mare de zero grade, o parte din gheaţă apucă să se topească. Cealaltă parte a ei însă se păstrează neschimbată pînă la iarna viitoare. Dacă în timpul anului predomină afluenţa aerului rece în peşteră, avînd temperaturi sub zero grade, masele de gheaţă din subsolul ei cresc cu fiecare an.

Este interesant de remarcat că în regiunea Volgăi gheaţa se formează în acele peşteri în care fundul se află mult mai jos în raport cu intrarea. Lucrul acesta asigură o rămînere îndelungată a aerului rece în cavităţile subterane şi acumularea gheţii.

---

[1] Peşteră glacială. (n. t.).

Peștera glacială Kungur, situată în regiunea Perm, se bucură de o mare şi binemeritată popularitate. Este cel mai mare sistem carstic subteran din Uniunea Sovietică. Existenţa ei era cunoscută de mult, dar a fost descrisă pentru prima oară abia în anul 1770 de academicianul rus I. Lepehin. De atunci a apărut o vastă literatură despre acest uimitor univers subteran.

Mulţi oameni de ştiinţă se ocupă de studierea structurii, a etapelor de dezvoltare și a regimului ei. În acest scop a fost creată Staţiunea specială Kungur a Academiei de Ştiinţe a U.R.S.S. Regularităţile formării peșterilor descoperite cu prilejul acestor cercetări prezintă o mare importanţă pentru aprecierea tehnico-geologică a regiunilor carstice.

Peștera este situată pe malul înalt și abrupt al rîului Sîlva, mal care, lîngă gara Kungur, poartă denumirea de „Ledeanaia gora" („Muntele de gheaţă").

Un tunel săpat în mod artificial duce în „Sala briliantelor", denumită astfel din pricina jocului frumos de cristale de gheaţă care acoperă pereţii şi bolţile grotei. Iată cum descrie această sală un excursionist: „...Este o grotă nu prea mare, ai cărei pereţi, ca și tavanul, sînt complet acoperiţi de cristale de gheaţă. Pe tavan cristalele se concentrează și atîrnă ca niște ciorchini și candelabre somptuoase. Fiecare cristal are forma unei plăcuţe hexagonale regulate cu un diametru de 2 şi chiar de 3 ţoli. Paralel cu șuviţele de cristal merg nişte linii subţiri care arată că fiecare din aceste plăcuţe este o concreţiune de mai multe cristale în formă de bastonașe. Aceste plăcuţe se agaţă una de alta prin colţurile lor și formează lanţuri destul de lungi. De capetele inferioare ale lanţurilor atîrnă un mănunchi întreg de plăcuţe, astfel încît se obţine o formaţiune foarte asemănătoare cu un candelabru... Grota aceasta își merită pe deplin denumirea: cristalele care acoperă bolta ei ba se sting la lumina lumînărilor, ba se aprind din nou și strălucesc cu lumini vii, asemenea briliantelor“.

Cum se formează aici gheața?

În această parte a peșterii gheața ia naștere datorită apei care pătrunde aici prin fisuri și îngheață. La aceasta contribuie temperatura scăzută din sală în tot timpul anului (în medie — un grad). Vara gheața nu apucă să se topească din pricina curentului puternic de aer rece care circulă din interiorul peșterii spre suprafață.

„Sala briliantelor“ se unește printr-o galerie mică cu „Sala polară“, acoperită de fulgi pufoși de gheață. După aceasta urmează „Sala Dante“ plină de blocuri de piatră, o mică grotă „Cripta“ și, în fine, o sală rotundă a „Crucii“, denumită așa după cele patru ieșiri ale ei dispuse în cruce. Lungimea sălii atinge 100 de metri. Cu această grotă se și sfîrșește de fapt partea glacială a peșterii. În celelalte săli și grote se menține în tot timpul anului o temperatură mai ridicată de zero grade și nu se formează o gheață permanentă. În această parte a peșterii există zeci de grote pitorești, de o uimitoare frumusețe: „Ruinele din Pompei“, „Fundul mării“, „Grota sculpturală“. O anfiladă neîntreruptă de săli și galerii ne aduce în grota „Prietenia popoarelor“, cu o lungime de aproximativ 50 de metri și cu o lățime de aproape 40—50 de metri. În această grotă se găsește cel mai mare lac din peșteră — „Marele lac“, a cărui suprafață atinge 700 de metri pătrați. Apa lui este aproape lipsită de viață. În lac trăiește numai un crustaceu orb. În toată peștera se găsesc aproximativ 36 de lacuri. Multe din ele dispar în timpul secetei și reapar în timpul ploilor. Printre lacuri sînt unele legate de rîul Sîlva.

În peșteră există și sectoare puțin cercetate. În bolțile grotelor din peștera Kungur se găsesc multe orificii rotunde care poartă denumirea de „tuburi de orgă“. Acestea au fost formate în rocile solubile de aceeași truditoare — apa.

G. A. Maximovici a stabilit că peștera are patru caturi.

Formarea peșterii Kungur este pusă în legătură cu dizolvarea ghipsului, a anhidritului (ghips lipsit de apă) și a calcarelor de către apele unui rîu străvechi, fost afluent al rîului Sîlva. Procesele de carstificare continuă și în prezent, și de aceea grotele și galeriile își schimbă mereu înfățișarea.

Partea cercetată a peșterii cuprinde aproximativ 100 de grote cu trecerile dintre ele. Lungimea totală a acestei părți este de peste 5 kilometri.

SURPATURI

De sute de ani, de milioane și chiar de sute de milioane de ani există peșteri și cavități subterane. In „viața" lor sînt perioade de dezvoltare, conservare și perioade de pieire. Se poate vorbi convențional și aici de o tinerețe, maturitate și bătrînețe a sistemelor carstice subterane. In anumite condiții peșterile vechi pot întineri. Lucrul acesta se întîmplă în cazul ridicărilor tectonice ale unor masive calcaroase, sau cînd se schimbă nivelurile lacurilor, ale rîurilor sau, în fine, în cazul cînd omul creează mări artificiale și canale, care contribuie la activarea proceselor carstice în sectoarele din vecinătatea lor.

Mărirea dimensiunilor unei peșteri poate să ducă la un moment cînd acoperișul ei nu mai suportă sarcina și se prăbușește.

Mai înainte am făcut cunoștință cu peștera Kungur. Nu există oare primejdia ca suprafața de deasupra ei să se prăbușească?

Geologii au făcut măsurători speciale ale grosimii acoperișului de deasupra grotelor din etajul superior. Mărimea acestuia s-a găsit între 42—79 metri. Ținînd seama că acoperișul este alcătuit din calcare stabile, se poate trage concluzia că nu există o primejdie directă a surpării terenului de deasupra peșterii.

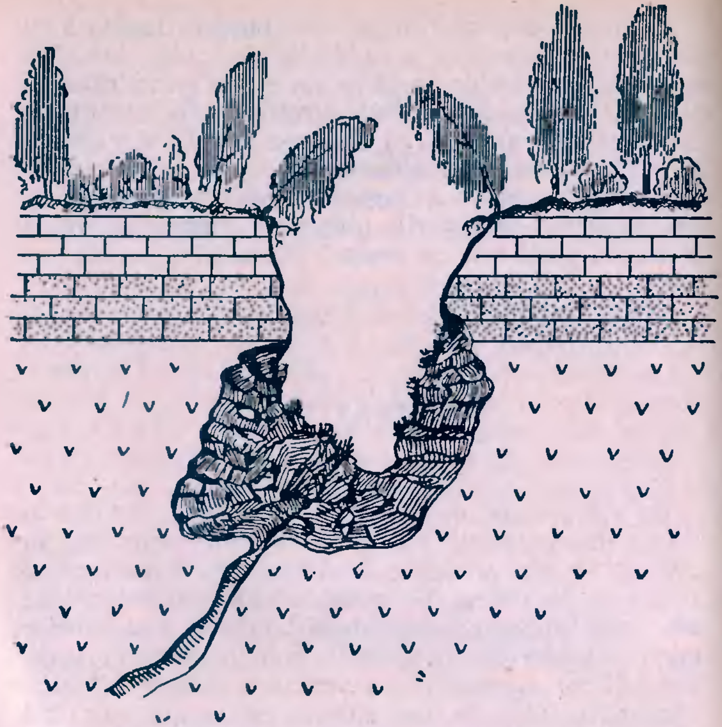


Fig. 113 — Surpătura construcţiei unei cavităţi carstice din ghipsuri (Regiunea Priuralie de vest).

Cazurile de prăbuşire neaşteptată a suprafeţei în regiunile carstice nu sînt un fenomen rar. Astfel, în anul 1922 în urma prăbuşirii acoperişului unei cavităţi din ghipsurile situate la nord de oraşul Ufa, s-a format o pîlnie adîncă de 50 de metri, şi cu un diametru de 40 de metri. Surpătura a fost însoţită de un bubuit şi de zguduiri perceptibile ale solului (fig. 113).

În mai 1937, locuitorii satului Glubokaia din regiunea Ivanovo au fost speriaţi de o surpare instantanee a suprafeţei. S-a format o pîlnie cu un diametru de 100 de metri, adîncă de aproximativ 25 metri. În momentul prăbuşirii pîlnia s-a umplut de apă. În acest loc s-a păstrat pînă în prezent un mic lac.

N. A. Gvozdeţki şi A. I. Spiridonov descriu o surpătură care a avut loc în anul 1956 în satul Sannikovo. din regiunea Vladimir: „...Ea a apărut pe-un mic cîmp, în mijlocul pădurii. Surparea s-a produs în timpul cositului de fîn: pămîntul s-a prăbuşit după ce a trecut un tractor şi o cositoare de fîn. S-a format o groapă de forma unui puţ, avînd în diametru aproape 1.5 metri şi o adîncime de 5 metri...“

În apropierea satului V. Aktaş din R.S.S.A. Tătară, în timpul arăturilor s-a produs o surpare neaşteptată de teren sub un tractor. Adîncimea ei atingea 54 de metri.

G. A. Maximovici şi K. A. Gorbunova relatează că în satul Ust-Kişert (regiunea Perm), la 28—29 august 1949, s-au format dintr-o dată trei surpări: „... La 28 august, la ora 7 seara, după ora locală, pe lotul de pămînt de lîngă casa unuia dintre locuitorii de pe uliţa Sovetskaia, terenul a început să se scufunde. Această scufundare a durat aproape două ore. La suprafaţă a apărut o depresiune cu aspect de farfurioară. Unul din locuitori povesteşte că pe peretele de nord-vest al depresiunii se afla o crăpătură. Pe urmă au apărut alte crăpături. după care s-a produs surparea, însoţită de zgomot şi de revărsarea apei. Pe la ora 9 surparea a luat sfîrşit şi s-a format o groapă. Surparea a început din nou la ora 2 noaptea, cînd s-a auzit iarăşi un zgomot. La ora 10, în dimineaţa zilei de 29 august, sătenii au văzut o surpătură de două ori mai mare, alungită în direcţia nord-est. Lungimea ei era de 50 de metri, iar lăţimea de cel mult 40 de metri şi cel puţin 28 de metri... La 29 august, la ora 3 noaptea, s-a produs o a treia surpare în locul unei vechi pîlnii în care creşteau doi mălini... Unul dintre mălini a dispărut fără urmă, celălalt zăcea pe fundul adînciturii...“ În pîlniile rezultate s-au format lacuri a căror apă era bună de băut. Ulterior, locuitorii au introdus în aceste lacuri peşti.

Se cunosc cazuri de surpări şi mai mari; astfel, în anul 1927, în apropierea oraşului Ufa s-a produs o surpătură care a deplasat peste 800 de metri cubi de pămînt. Din cauza acestui fenomen a fost avariată o linie de cale ferată pe o distanță mare.

Uneori primejdia formării surpărilor impune mutarea liniilor ferate în sectoare mai sigure, așa cum s-a întîmplat lîngă stația Kinel. Aici au trebuit să fie mutați 20 de kilometri de linie ferată. In sectorul părăsit se aflau trei poduri și o gară.

Se mai pot da zeci de alte exemple de surpături. Astfel, este interesantă istoria construcției catedralei din Novocerkassk. Catedrala se construia pe un teren de calcar cochilifer intens afectat de carst. Potrivit spuselor unor vechi locuitori, construcția a început de trei ori. Prima dată s-a reușit să se zidească fundamentul și o parte a pereților. Intr-o noapte toate acestea s-au prăbușit într-o cavitate carstică. Fundamentul și pereții au fost ridicați a doua oară. Din nou s-a produs o surpare relativ mică a unei părți a fundației. A fost nevoie să se demoleze partea construită. Intărind fundația și folosind porțiunile mai înainte afundate ale catedralei, constructorii au reușit, în sfîrșit, să dureze pînă la capăt catedrala.

In fața acestei catedrale, cu mult timp înainte de revoluție a fost ridicat monumentul lui Ermak, cuceritorul Siberiei. După cît se vede și monumentul stă deasupra unei cavități, întrucît în decursul timpului s-a constatat o scufundare a lui. Acum această scufundare a atins mărimea de 30 de centimetri.

O „PENINSULĂ“ PE USCAT

Veți spune, poate, că pe uscat nu există peninsule. Inchipuiți-vă totuși că există. Un vast platou pe care este situat orașul Ufa poartă denumirea de „Peninsula Ufa“. După cum se și cuvine, această peninsulă este înconjurată din două părţi de apele rîului Belaia şi ale afluentului său Ufa. Zona de uscat este parcă strînsă între cele două rîuri. Trebuie să vă istorisim despre această originală peninsulă de uscat, care este o regiune clasică de carst în ghips.

Să secţionăm în gînd această peninsulă. Privind tăietura formată vom vedea sub complexul de roci superior (argile nisipoase, argile, calcare, marne) strate groase de ghips şi de anhidrit (ghips lipsit de apă), care ating o grosime de 120 de metri. De unde a apărut aici atîta ghips?

Odinioară, într-un trecut geologic îndepărtat de care ne despart aproximativ 190 de milioane de ani, în locul „peninsulei Ufa" se întindea o mare largă — Marea Perm. Tocmai în acest bazin de apă s-au acumulat în multe sute de mii de ani depozitele de ghips.

În perioadele geologice superioare ghipsurile au fost acoperite de alte roci, care le-au apărat de efectul distrugător rapid al apei. În vremea noastră însă complexul ghipsifer este supus într-o mare măsură unui proces activ de carst.

În afară de precipitaţiile atmosferice şi de apele subterane, asupra complexului de ghips-anhidrit se exercită o acţiune energică de dizolvare de către apele rîurilor. În timpul viiturilor, apele rîului Belaia se infiltrează în peşteri şi în numeroasele crăpături ale ghipsului care apar în rîpele malurilor. Din această cauză cea mai energică dizolvare a rocilor se desfăşoară într-o fişie îngustă din vecinătatea rîului. Primăvara, aici apar de cele mai deseori surpături, pîlnii şi subsidenţe.

Întreaga peninsulă este pe de-a-ntregul „mîncată" de cavităţi carstice, pîlnii şi surpături mari. Pîlniile, în special, sînt foarte variate: cu cît te îndepărtezi de malurile rîului, cu atît pîlniile în formă de farfurioare sînt mai line; cu cît te apropii de rîu, cu atît pereţii lor sînt mai abrupţi. Pe malurile rîului pîlniile au de cele mai deseori formă de cupă, de con sau chiar de puţ. Adîncimea acestora din urmă atinge 20—40 de metri. Pîlniile se întind în lanţ. Există şi pîlnii complexe, parcă introduse una în alta.

Pe malul drept înalt al rîului Belaia, în rîpile constituite din ghips, se întîlnesc adesea intrări în peşteri. Dimensiunile lor sînt relativ mici.

Surpăturile şi depresiunile din „Peninsula Ufa" pricinuiesc numeroase neplăceri. Astfel, are mult de suferit calea ferată care pleacă din Ufa spre Celeabinsk. În mod deosebit este afectat de surpături sectorul care trece de-a lungul malului rîului. Aici au fost înregistrate cazuri cînd s-au prăbuşit locomotive şi vagoane. După Revoluţia din Octombrie s-au efectuat ample cercetări tehnico-geologice, a fost pusă la punct o semnalizare specială şi s-au executat lucrări de ameliorație pentru combaterea dezvoltării carstului. Cu aceasta circulaţia a fost pusă în afara oricărui pericol.

În anii cincinalelor postbelice, oraşul Ufa a devenit un mare centru al construcţiilor de maşini şi al industriei petrolului. În planul septenal este prevăzută dezvoltarea continuă a acestei regiuni. Toate acestea imprimă o deosebită importanţă studierii pe viitor a carstului „peninsulei" şi elaborării metodelor de apărare împotriva surpăturilor şi deformărilor de teren.

CUM SE FORMEAZĂ SURPĂTURILE?

La prima vedere această întrebare ar putea să pară elementară. Desigur, cavitatea carstică creşte pînă atunci cînd acoperişul ei nu mai suportă propria să greutate şi se surpă.

Cînd calcarul sau ghipsul ies direct la suprafaţă, această explicaţie nu mai comportă discuţii. Dacă, însă, deasupra acestor roci se află complexe groase de cîţiva metri de roci argiloase, nisipoase, marnoase şi altele care nu se dizolvă în apă, explicaţia este insuficientă.

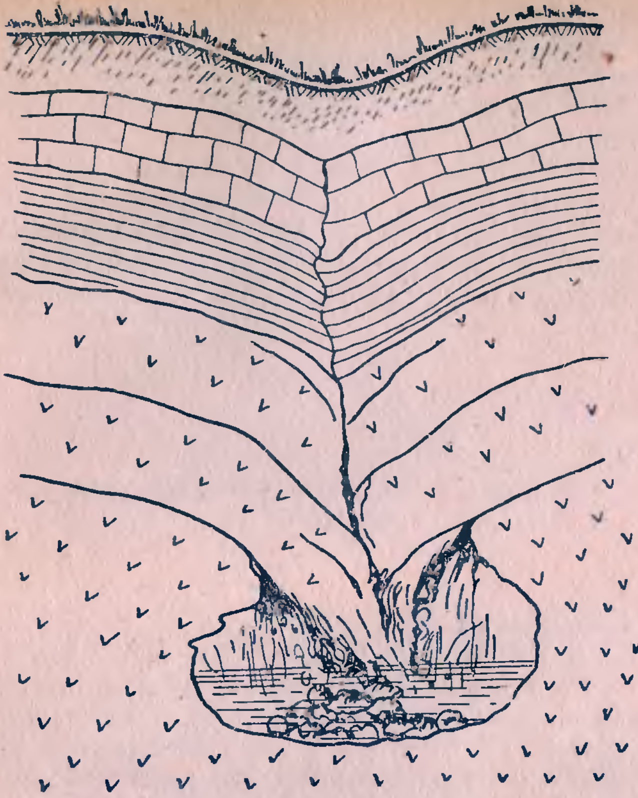


Fig. 114 — Prăbușirea acoperișului unei peșteri provoacă deformația întregului complex al suprastructurii.

In Cîmpia Rusă, în regiunea Ural și într-o serie de alte regiuni, acest fel de carst „acoperit" este extrem de răspîndit. Din acest tip face parte și carstul din ghipsul „Peninsulei Ufa" analizat de noi.

Studiind această varietate de carst, oamenii de știință au stabilit că în cazul cînd rocile de acoperire au o grosime mică, în ele pot să apară surpături obișnuite. Dacă grosimea argilelor, gresiilor și altor roci necarstificabile este mare, surparea acoperișului peșterii duce la o extindere treptată a depresiunii în sus, pînă la zi. Ca rezultat, în ea se va forma o pîlnie a cărei configurație depinde de dimensiunile cavității carstice, de grosimea complexului de deasupra și de caracterul rocilor care îl alcătuiesc.

În figura 114 este arătată schema unei astfel de depresiuni. O rîpă care a tăiat complexul de roci a făcut o pîlnie și ne-a dezvăluit secretul formării ei.

Alcătuirea formelor de surpări superficiale este determinată de structura geologică a teritoriului respectiv.

GALERIILE SUBTERANE ȘI SUPRAFAȚA PĂMÎNTULUI

S-a constatat că nu numai cavitățile carstice sînt vinovate de apariția surpărilor. Ele se pot produce și ca rezultat al prăbușirii acoperișului galeriilor subterane care se sapă pentru exploatarea zăcămintelor de cărbuni, minereuri și alte substanțe minerale utile.

Dacă surpăm tavanul unei galerii subterane formate după extracția cărbunelui, la suprafața la zi a pămîntului va apare o depresiune. Mecanismul formării depresiunii este același ca și la formarea pîlniilor în cazul carstului „acoperit". Aceste subsidențe de la suprafață au o formă rotunjită și se numesc albii (depresiuni) de deplasare sau de scufundare.

Procesul de dislocare a rocilor de deasupra galeriei se desfășoară în 3 etape: etapa inițială — cea mai activă (durează 2—3 luni); etapa a doua — de formare calmă a depresiunii și a treia — de stingere. Durata întregului proces nu depășește 8—10 luni.

Firește că dislocările care apar în sectoarele centrelor populate duc în mod inevitabil la deteriorări sau chiar la distrugerea totală a clădirilor.

Dislocările rocilor se produc în timpul extracției mineralelor utile la adîncimi de 300—400 de metri.

Pentru a evita avarierea clădirilor, în diferite țări au fost emise legi și reguli care limitează lucrările miniere. Dintre acestea cea mai largă răspîndire a căpătat-o regula din Dortmund, elaborată în secolul al XIX-lea în Westfalia (Germania). În Uniunea Sovietică există în vigoare un complex de reguli obligatorii în execuția lucrărilor miniere, elaborat de oamenii de știință și inginerii sovietici.

Construcțiile din Donbas, Karaganda, bazinul Kuzneţk și din alte regiuni de exploatări miniere se fac în sectoare speciale, strict delimitate. În cadrul acestora este interzisă executarea lucrărilor subterane.

CUM TREBUIE SĂ CONSTRUIM ÎN REGIUNILE CARSTICE?

După cum am spus mai sus, în regiunile carstice pe constructor îl pîndesc multe surprize: surpături, inundarea gropilor de fundație, formarea lentă a depresiunilor, pierderi de apă neprevăzute din bazinele de reținere.

Poate că în sectoarele carstice nu trebuie să construim? Din experiența construcțiilor rezultă că și aici se pot dura clădiri care să fie sigure și stabile.

Mai întîi de toate, durabilitatea unei clădiri depinde de tipul de roci din care este alcătuit masivul pe care intenționăm să construim. Cînd acestea sînt calcare, este important să clarificăm dacă în ele există cavități și goluri. Știm că viteza dizolvării rocilor calcaroase este mică. Numai în calcarele afînate pot să apară goluri carstice noi în următorii 20—30 de ani; de aceea este important să apreciem viteza de dizolvare a rocilor în sectorul construcțiilor.

Este cunoscut cazul petrecut într-o uzină de pe malul drept, înalt, al rîului Don și de pe taluzul malului. La bază, sub stratul de argile nisipoase și de argile se află calcare cochilifere afînate. Potrivit datelor existente, în aceste roci nu existau goluri carstice. Se constatase doar o porozitate a lor. Uzina număra mulți ani de existență cînd, într-o noapte, s-a prăbușit un cuptor greu de încălzire. Cercetările au stabilit că avarierea s-a produs datorită surpării unui gol carstic. Se poate presupune că acest fenomen s-a desfășurat în 15, cel mult 20 de ani.

Dacă sectorul construcției este constituit din ghipsuri sau anhidrite, pericolul formării unor goluri noi este mai mare. Datorită unor condiții favorabile proceselor carstice în aceste roci, se pot dezvolta noi pîlnii în numai cîtiva ani.

Caracterul fisurării rocilor are aici un rol deosebit. Procesele carstice pricinuiesc foarte multe neplăceri constructorilor de baraje, bazine de reținere a apei și de alte construcții hidrotehnice.

Iată cîteva exemple: În Andaluzia se luase hotărîrea de a se amenaja un mare bazin de reținere a apei prin construcția unui baraj înalt pe unul din rîurile de munte. A fost construit un puternic baraj de beton armat cu o înălțime de 72 de metri. Hidrotehnicienii așteptau ca dintr-o clipă în alta apele rîului să se reverse din belșug, umplînd bazinul de acumulare. Dar nu s-a format nici o mare, nici măcar un lac mic. Explicația constă în faptul că toată apa din valea barată se scurgea în numeroasele goluri carstice și fisuri din calcare (fig. 115).

Cazul de mai sus nu este unic. Sînt cunoscute scurgeri din multe lacuri de acumulare din S.U.A., Franța, Italia și alte țări. Cunoaștem multe situații cînd iazuri ale colhozurilor, amenajate în locurile de aflorimente al calcarelor fisurate și carstificate, au rămas fără apă.

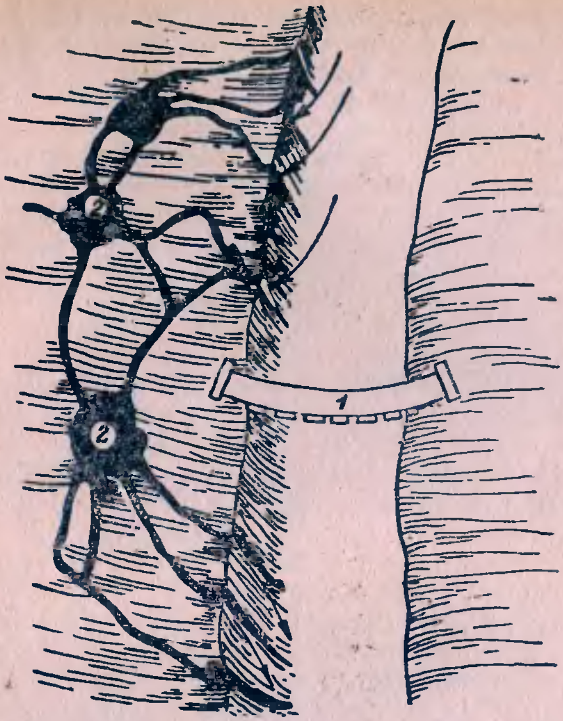


Fig. 115 — Apa se poate pierde din bazinul de reţinere, ocolind barajul (1) prin golurile carstice (2).

Studierea carstului este importantă pentru construirea liniilor ferate şi mai cu seamă a podurilor. Un rol nu mai puţin însemnat îl are depistarea cavităţilor subterane în extracţia minereului. În acest caz este deosebit de periculoasă joncţiunea galeriilor subterane cu cavităţile carstice. Nu sînt rare cazurile cînd asemenea joncţiuni duc la o catastrofală inundare a minelor cu apă.

Într-unul din marile zăcăminte, în timpul exploatării minereului, o galerie subterană a dat pe neaşteptate de o peşteră carstică umplută cu apă. A ţîşnit un puternic şuvoi de apă, care s-a năpustit vertiginos în galeria subterană, ducînd în curgerea sa mari sfărîmături de calcar. Apa s-a răspîndit repede prin toată mina, inundînd-o. Într-o oră cantitatea de apă revărsată a depășit 1 000 de metri cubi.

Un alt exemplu clasic îl poate constitui una din minele bazinului carbonifer Kizel, în care prin fisuri și goluri carstice intră peste 1 500 de metri cubi de apă pe oră.

CUM SE DETERMINĂ EXISTENȚA CAVITĂȚILOR?

Geologul poate aprecia în primul rînd gradul de carstificare a unui sector după mai multe indicii exterioare: caracterul apelor subterane, gradul de fisurare, compoziția rocilor, istoria geologică a regiunii.

De un mare ajutor poate fi studierea fenomenelor de suprafață ale carstului. În acest scop se face o ridicare specială a suprafeței, în timpul căreia se cartează pîlniile, fisurile, ponoarele, lapiezurile și alte forme vizibile de origine carstică.

O culegere de date asupra timpului cînd au apărut noi pîlnii cu aspect de prăbușire poate să spună multe lucruri unui geolog. Omul de știință sovietic Z. A. Makeev a propus, pe baza experienței sale, ca gradul de utilitate al unui teritoriu să fie apreciat după acest indice. El consideră că în sectoarele extrem de instabile se formează pe an 10 pîlnii pe kilometru pătrat.

Sectoare stabile sînt acelea în care o pîlnie se formează pe aceeași suprafață în 20—50 de ani. Foarte stabile pot fi considerate sectoarele unde lipsesc orice forme carstice de suprafață.

Se naște întrebarea: se poate descoperi o cavitate carstică subterană prin observație directă? S-a stabilit că se poate. Metoda cea mai simplă este forajul în sectorul de cercetat. Garnitura de foraj, dînd de-un gol, se prăbușește în el.

Calea aceasta, însă, pe lîngă faptul că cere mult timp, necesită și mari cheltuieli bănești.

Se poate, de asemenea, cerceta și trasa pe hărți galeriile subterane ale unei peșteri. Lucrul acesta însă nu ne garantează că nu mai există și alte goluri, a căror intrare a rămas neobservată. Afară de asta, cavitățile mici vor rămîne totdeauna nedescoperite.

Pentru rezolvarea acestei probleme, inginerul-geolog recurge la sprijinul geofizicianului, care studiază subsolul Pămîntului cu ajutorul undelor seismice. Despre acest lucru am mai vorbit în prima parte a cărții. Mai există și o altă cale. Este știut că rocile se caracterizează prin diferite rezistențe electrice; în cazul cînd în subsolul lor se găsește o cavitate, atunci rezistența crește brusc. Folosind aparate de înaltă precizie, putem stabili pe această cale existența golurilor din sectorul respectiv.

În ultima vreme, pentru constatarea direcției fisurilor și a cavităților carstice se folosește cu succes metoda gazelor. În acest scop în fisuri sau în cavitățile carstice se introduce un anumit gaz și se observă răspîndirea lui. În felul acesta se poate urmări întregul sistem al carstului.

Inginerul-geolog poate să prezinte o concluzie corectă asupra regiunii carstice respective și asupra condițiilor referitoare la construcțiile în această regiune numai după multilaterale cercetări geologice. Bazîndu-se pe studiul aprofundat al regiunii, el întocmește harta tehnico-geologică, în care indică raioanele periculoase pentru construcții datorită dezvoltării intensive a carstului, precum și sectoarele în afara oricărui pericol. Folosindu-se de această hartă, inginerul poate să aleagă amplasamente sigure pentru construcții.

Ce se întîmplă cînd trebuie să se construiască totuși într-un sector despre care se știe dinainte că este periculos?

Desigur că se poate construi și în acest caz, dar pentru aceasta trebuie să existe motive serioase, întrucît o atare construcție implică cheltuieli materiale mai mari. In afară de asta există un anumit element de risc.

Trecind la clădirea unei case pe un asemenea sector primejdios, este necesar să se ia o serie întreagă de măsuri preventive. Mai întîi rocile solubile în apă trebuie apărate de acțiunea apei de ploaie și a apei de suprafață, folosite în producție. Lucrul acesta se realizează prin amenajarea unui sistem de deviere a apei și de canalizare a apelor industriale. Pe urmă, în măsura posibilităților, se abat de la masiv apele subterane, pentru care se construiesc amenajări speciale de drenaj.

A obține deshidratarea masivului înseamnă a desființa cauzele dezvoltării cavităților subterane. Dacă problema aceasta nu se poate soluționa prin metodele indicate, se recurge la umplerea fisurilor și cavităților subterane cu materiale care nu lasă apa să intre prin ele. De cele mai deseori în acest scop se injectează sub presiune o soluție de ciment. Aceasta joacă un dublu rol: ea umple și consolidează rocile, iar pe de altă parte oprește circulația continuă a apei prin fisuri și cavități carstice.

Prin această metodă constructorii au întărit fundațiile în timpul construirii unor baraje mari, inclusiv barajele de pe rîurile Sîzran și Volhov.

In unele cazuri, în locul cimentului a fost folosit bitumul fierbinte care, deși nu mărește rezistența, zădărnicește complet circulația continuă a apei în sectorul construcțiilor.

In fine, cînd cavitățile mari se află la mică adîncime, se poate recurge la prăbușirea lor pe cale artificială, umplîndu-se apoi cu argilă.

In toate cazurile, metodele pentru combaterea carstului și mijloacele de mărire a stabilității edificiilor trebuie definite în riguroasă concordanță cu datele tehnico-geologice.

FRIGUL DIN PĂMÎNT

„ÎNGHEȚUL PERMANENT"

A venit iarna. Aerul rece zugrăvește pe geamuri desene frumoase. Te pișcă de nas și de obraji. Ajunge și la suprafața terestră. E drept că natura prevăzătoare a acoperit-o cu o „plapumă" de zăpadă, pufoasă, care o apără de îngheț. Și totuși, dacă încercați să săpați pămîntul în ianuarie-februarie, veți da de un teren puternic înghețat. Un atare teren nu poate fi săpat. Va trebui să luați o rangă sau un tîrnăcop. Dacă este nevoie să se sape o groapă de fundație sau un șanț va trebui să se folosească substanțe explozive sau să se aprindă focuri care să dezghețe terenul.

Iată, însă, că vine vara. Chiar din mai-iulie urmele acestui îngheț dispar, și de aceea oamenii de știință au numit acest fenomen îngheț sezonier.

Încă din secolul al XVII-lea, oamenii din Rusia au descoperit rezistența unor roci aflate „în stratul de sol veșnic înghețat". Guvernatori ai provinciilor situate de-a lungul fluviului Lena scriau în anul 1640 la Moscova[1]: „...Iar la Iakutsk, cică, împărate, potrivit spuselor unor slujbași din negoț și industrie, nu-i de nădăjduit a se vedea ogor roditor: pămîntul, cică, împărate, nu se topește nici măcar în toiul verii..." Mai tîrziu oamenii de știință și călătorii ruși au cercetat mai îndeaproape acest fenomen.

Petru I, interesat de comunicarea referitoare la înghețul veșnic, a trimis în Siberia pentru studierea lui pe G. Messerschmidt, care a strîns informații interesante despre acest fenomen ciudat.

Mai tîrziu, la începutul secolului al XIX-lea, de studiul special al „înghețului veșnic" s-au ocupat oamenii de știință Pallas și Gmelin, frații călători Laptev și alți cîțiva cercetători.

---

[1] M. I. Sumghin și alții. Glaciologie generală. Acad. de Științe a U.R.S.S., 1940.

Multe date despre terenurile înghețate a furnizat fîntîna adîncă săpată încă în 1812 în orașul Iakutsk de către negustorul F. Serghin. Această fîntînă fusese săpată pentru a obține apă de băut. Dar, în ciuda adîncimii mari, de 116,4 metri, fîntîna n-a ieșit din terenul înghețat.

Acum se știe că Serghin ar mai fi trebuit să sape mult și bine, întrucît grosimea rocilor înghețate din această regiune atinge 250 de metri. În schimb, fîntîna a fost folosită de academicianul Middendorph pentru observații interesante asupra „înghețului veșnic".

Construirea la sfîrșitul secolului al XIX-lea a liniei principale transiberiene de cale ferată a impus să se facă cercetări susținute ale regiunilor cu „îngheț veșnic" și ale condițiilor de construcții pe stratul de sol veșnic înghețat, deoarece o parte a liniei trece prin zona de răspîndire a acestui sol.

Studierea detaliată și multilaterală a acestui fenomen a început abia în anii Puterii sovietice. Multe eforturi și energie au depus pentru studierea „înghețului veșnic" oamenii de știință sovietici M. I. Sumghin, A. V. Lvov, N. A. Țîtovici și mulți alții. Lucrările lor au fost puse la baza unei științe noi — a *geocriologiei* (de la cuvintele grecești : *geos* — pămînt, *crios* — gheață, *logos* — știință).

Ce este „înghețul veșnic" ? Însăși denumirea vorbește despre acest fenomen. Este rămînerea îndelungată a rocilor în stare înghețată. În ultima vreme oamenii de știință au început să pună în evidență terenuri înghețate de mai mulți ani, care păstrează o temperatură sub minus zero grade, timp de cîteva zeci și chiar sute de ani. Dacă starea înghețată a rocii se menține de secole, există temeiul a le denumi veșnic înghețate. Cuvîntul „veșnic" este înțeles în cazul de față nu în sensul unei mențineri eterne, infinite, ci multiseculare.

De ce înghețul se menține atît de mult timp ? La această întrebare s-a dat răspuns pentru prima oară într-un vechi tratat rusesc din secolul al XVII-lea. Menținerea îndelungată a terenului înghețat este explicată în tratat prin „poziția joasă a Soarelui deasupra orizontului".

Lucrul acesta este adevărat. Acum știm că „înghețul veșnic" se întîlnește acolo unde frigul predomină, unde temperatura medie anuală are valori negative.

În aceste regiuni cu iarnă lungă, geroasă, frigul pătrunde în pămînt, reușind să-l înghețe la o adîncime apreciabilă: în timp ce în perioada de vară, scurtă și răcoroasă, căldura nu apucă să pătrundă tot atît de adînc în complexul de roci și să le încălzească.

Multă vreme existența unor strate înghețate adînci de sute de metri a fost o enigmă. În regiunile din Siberia grosimea stratului de teren „veșnic înghețat" atinge 500—800 de metri, în Spitzbergenul de vest — 240 m, în Alasca — 120 de metri. În diferite regiuni ale Uniunii Sovietice grosimea stratului de teren veșnic înghețat variază de la 1—2 la 800 de metri (fig. 116).

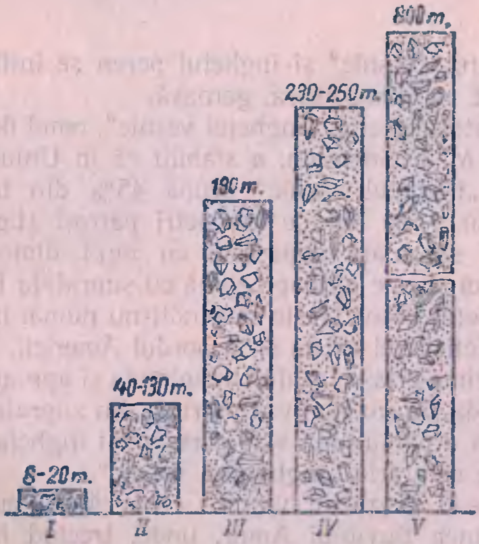


Fig. 116 — Grosimea stratului de teren veșnic înghețat în diferite regiuni: I — Cita, II — Vorkuta, III — Verhoiansk, IV — Iakutsk, V — Viliui.

Care este deci cauza înghețării solurilor la o adîncime așa de mare?

Unii oameni de știință care se ocupă de această problemă au ajuns la concluzia că stratul gros „veșnic înghețat“ s-a format într-un trecut geologic nu prea îndepărtat, acum vreo 50 000—60 000 de ani, în perioada glaciară, în timpul căreia clima emisferei nordice a fost extrem de aspră. Tocmai atunci a avut loc înghețarea în profunzime a solurilor. Opinia aceasta nu este împărtășită de toți oamenii de știință. Mulți consideră că dezvoltarea înghețului veșnic se datorește numai climei aspre a regiunilor nordice.

EXISTĂ ÎNGHEȚ ÎN SUD?

Înghețul „veșnic“ și înghețul peren se întîlnesc în regiunile cu climă aspră, geroasă.

Fondatorul teoriei „înghețul veșnic“, omul de știință sovietic M. I. Sumghin, a stabilit că în Uniunea Sovietică „înghețul veșnic“ ocupă 45% din teritoriul țării, sau 9 658 mii de kilometri pătrați (fig. 117). Această suprafață depășește cu mult dimensiunile Australiei și este aproape egală cu suprafața Europei.

„Înghețul veșnic“ este răspîndit nu numai în Uniunea Sovietică; el există și în nordul Americii, acoperă în întregime uriașa insulă Groenlanda și aproape toată Antarctida. Aproximativ o pătrime din suprafața continentală a pămîntului este permanent înghețată. Atît de mare este aria „înghețului veșnic“.

Spre sud „înghețul veșnic“ coboară cel mai mult în regiunea fluviului Amur, unde, trecînd frontiera Uniunii Sovietice, se extinde pe teritoriul Chinei și al Republicii Populare Mongole.

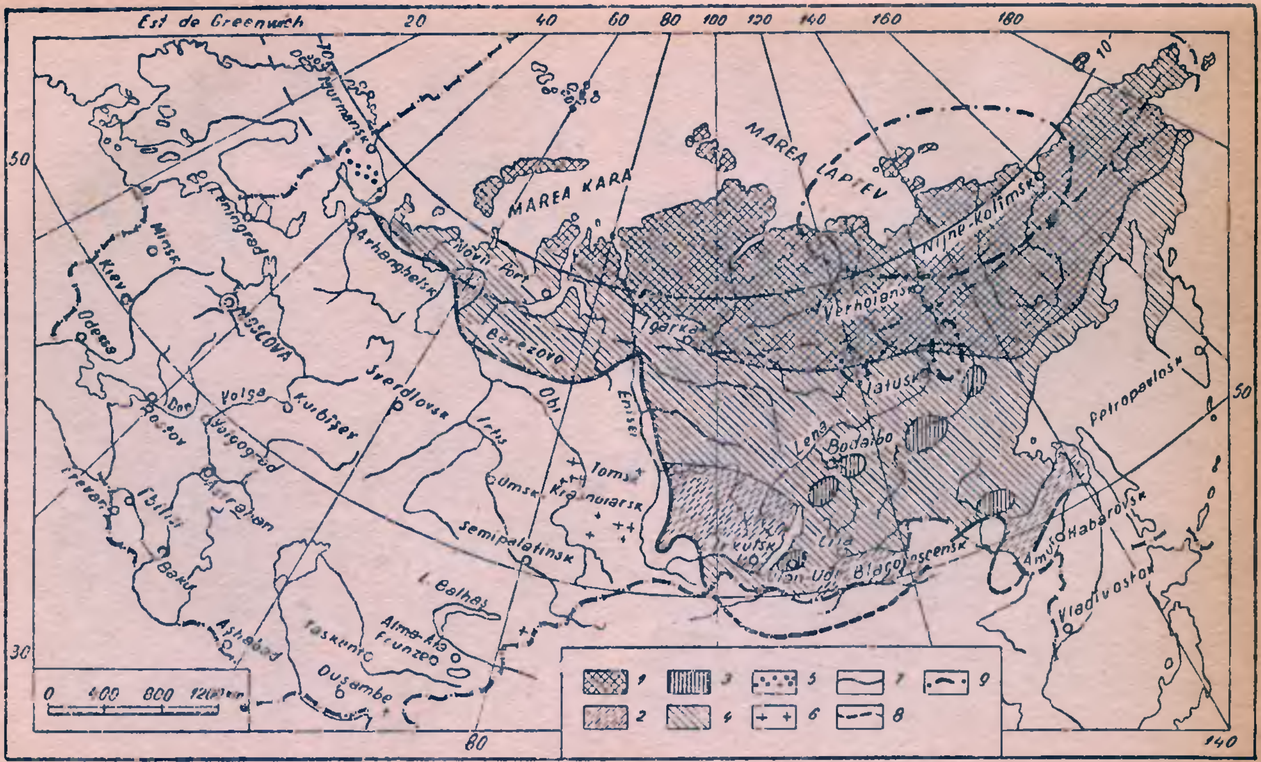

Est de Greenwich
20
40
60
80
100
120
140
160
180
10
70
50
30
80
140
50
MAREA KARA
MAREA LAPTEV
Murmansk
Leningrad
Minsk
Kiev
Odessa
MOSCOVA
Arhanghelsk
Novii Port
Berezovo
Igarka
Verhoiansk
Nijne-Kolimsk
Iatusk
Lena
Bodaibo
Petropavlosk
Habarovsk
Amur
Vladivostok
Blagoveșcensk
Ulan Ude
Irkutsk
Cita
Enisei
Obi
Tomsk
Omsk
Krasnoiarsk
Irtiș
Semipalatinsk
Sverdlovsk
Kuibîșev
Volga
Volgograd
Don
Rostov
Astrahan
Tbilisi
Erevan
Baku
Ashabad
Taskent
Dușambe
Frunze
Alma-Ata
L. Balhaș
0
400
800
1200 km
1
2
3
4
5
6
7
8
9

Fig. 117 — Înghețul veșnic pe teritoriul Uniunii Sovietice

1 — regiuni de îngheț total, 2 — raioane de îngheț insular, 3 — raioane de îngheț cu insule de teren dezghețat, 4 — regiuni pentru care nu există date despre caracterul întinderii înghețului. 5 — îngheț numai în movilele turbăriilor, 6 — insule izolate de îngheț peren departe de masivul general al lui. 7 — limita sudică a înghețului în U.R.S.S. 8 —

Există „îngheț veșnic“ la subtropice și la ecuator? Aflați că există. Insule ale frigului sînt și pe vîrfurile munților. La înălțimi mari gerul domnește tot anul. „Înghețul veșnic“ din munți se dezvoltă mai sus de linia zăpezii, care marchează poziția limitei la care zăpada și gheața se mențin tot timpul anului.

Poziția liniei zăpezii depinde de latitudine și de climă. De pildă, înălțimea ei în Munții Caucaz oscilează de la 2 700 la 3 800 de metri. Munții Anzi din America de Sud, situați la ecuator, au linia zăpezii la cota 4 800 de metri de la suprafața oceanului. „Îngheț veșnic“ există sub ecuator la cele mai înalte culmi ale Africii: Kilimanjaro (înălțimea 6 010), Kenya (5 194) etc.

Caracterul „veșnic al înghețului“ depinde nu numai de climă. Asupra înghețării rocilor exercită influență compoziția rocilor superficiale, relieful și poziția apelor subterane.

În una și aceeași regiune, în sectoarele acoperite de turbă sau de păduri, înghețul va fi neînsemnat, în timp ce în sectoarele nisipoase sau în alte sectoare deschise frigul va putea să pătrundă mai adînc. Pe versanții nordici soarele încălzește mai puțin solul și „înghețul veșnic“ este răspîndit aici pe scară mai mare. Un rol tot atît de important revine și apelor subterane care au totdeauna o temperatură deasupra lui zero.

Dacă analizăm răspîndirea „înghețului veșnic“ în diferite zone, vom constata că în regiunile nordice el predomină și formează întinderi compacte. Cu cît vom coborî spre sud, cu atît vom întîlni mai multe insule de terenuri dezghețate în mijlocul rocilor permanent înghețate. În regiunile sudice înghețul se întîlnește numai în unele sectoare limitate. Aici el este denumit îngheț insular.

În limitele regiunilor sudice din U.R.S.S., în Iugoslavia, Spania și alte țări se întîlnește „îngheț veșnic“ cavernos. Ca exemplu poate servi „înghețul veșnic“ din peștera Kungur, despre care am mai vorbit.

Dacă coborîm într-o fîntînă săpată în regiunea „înghețului veşnic“, vom avea prilejul să trecem pe rînd prin trei „etaje“ originale ale rocilor, care se deosebesc vizibil între ele.

În „etajul“ superior, situat lîngă suprafața pămîntului, au loc procese complexe de îngheț în timpul iernii și de topire în timpul verii. Iarna gerurile îngheață strat după strat. În unele cazuri această înghețare superficială se extinde asupra întregului complex superior, atingînd suprafața „înghețului veşnic“. Este cazul înghețului *contopit*. Tot atît de des, însă, chiar și pe gerul cel mai cumplit, între stratul permanent înghețat și cel superficial se păstrează un strat de teren dezghețat. In acest caz este vorba de îngheț *necontopit* (fig. 118).

Vara, căldura solară topeste repede solul acestui „etaj“ superior. Înghețarea și dezghețarea alternează astfel în funcție de sezon. Activitatea energetică a forțelor naturii care se desfășoară în acest „etaj“ a determinat denumirea lui de *strat activ*. Grosimea acestui strat depinde în primul rînd de latitudinea zonei. Cu cît mergem spre sud, cu atît grosimea lui este mai mare. Afară de aceasta, grosimea stratului activ depinde de compoziția solurilor, de caracterul

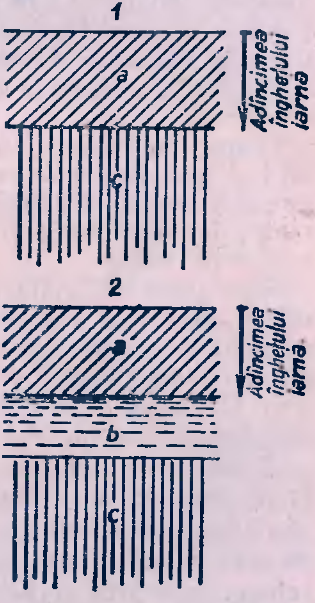


Fig. 118 — Schema înghețului contopit (1) și necontopit (2):
a — strat activ, *b* — sol dezghețat, *c* — strat permanent înghețat.

stratului de zăpadă, de apele subterane și de alți factori.

Observațiile făcute pe o perioadă de mai mulți ani au permis să se stabilească că pe țărmurile aspre ale Oceanului Înghețat stratul activ este deosebit de mic: în nisipuri el nu depășește 1,6 metri, în argile — 1,0 metri, iar în turbă chiar 0,4 metri.

În regiunile sudice ale înghețului insular situația este radical diferită. Aici, în nisipuri, grosimea stratului activ atinge 4,5 metri, iar în argile — 2,5 metri.

Al doilea strat al „înghețului veșnic", spre deosebire de primul, este stratul cu un regim stabil, care se menține un timp îndelungat. Stratul este constituit din complexe de soluri înghețate. În unele cazuri aceste complexe reprezintă un monolit compact, cu grosimea de zeci și sute de metri. În alte cazuri straturile de terenuri înghețate alternează cu cele de terenuri dezghețate. Ele amintesc de-o plăcintă din foi. Acest gen de îngheț a căpătat denumirea de îngheț *stratificat*.

Deseori în rocile veșnic înghețate se află intercalații și mici insule de cea mai pură gheață. În mod obișnuit acestea nu depășesc în grosime zece centimetri, dar se întîlnesc și complexe mari de gheață de mai mulți metri.

Roca poate să înghețe și în cazul cînd în ea nu există apă. Dacă sînt nisipuri, acestea, avînd o temperatură sub zero grade, își păstrează friabilitatea. Acest fenomen poartă denumirea de îngheț *uscat*.

În straturile permanent înghețate s-a constatat un fenomen interesant. Aici au fost descoperite unele organisme dintre cele mai simple în stare de anabioză. După încălzire ele prindeau viață. Lucrul acesta a oferit temeiul pentru apariția unor romane fantastice, în care autorii îi congelau pe eroii lor, făcîndu-i să reînvie după vreo sută-două de ani.

Rocile permanent înghețate sînt un mediu excelent pentru conservarea cadavrelor unor animale. Astfel, „înghețul veșnic" a conservat mamuți, cu blana și cu carnea lor.

Cel mai de jos „etaj“ (fig. 119) este zona unor roci obișnuite, necongelate.

Vom încheia expunerea noastră, amintind că apele subterane sînt așezate de asemenea în trei „etaje“. O importanță practică deosebită au apele de la „etajul“ superior. Ele se numesc ape epiglaciale și se acumulează în stratul activ deasupra suprafeței rocilor înghețate.

Al doilea „etaj“ este ocupat de ape intraglaciale, care pot să circule în intercalațiile de soluri dezghețate.

În „etajul“ inferior se găsesc apele hipoglaciale.

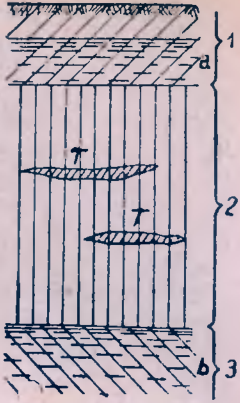


Fig. 119 — Cele trei „etaje“ din „înghețul veșnic“.

1 — stratul activ cu ape epiglaciale (a), *2* — stratul permanent înghețat, *3* — stratul subglacial permanent cu ape hipoglaciale (b), *T* — soluri dezghețate.

PLATOȘA DE GHEAȚĂ

Intr-o zi geroasă de ianuarie mergeam într-o sanie pe un drum făcut de-a lungul văii rîului Vitim. Era un ger de crăpau pietrele. Deodată, în fața noastră se ridică un obstacol straniu. Calul se opri. Peste drum cobora dinspre panta de-alături un torent de gheață ca o limbă uriașă. Grosimea lui atingea cel puțin 2 metri. Nu aveam nici o posibilitate de a trece peste el.

Formarea unor asemenea torente de gheață este un fenomen des întîlnit în regiunile cu „îngheț veșnic“. Gerul aspru provoacă înghețarea treptată a părții superioare a stratului activ. Apa epiglacială rămîne parcă presată între stratul de „îngheț veșnic“ și terenul care îngheață treptat de la suprafață. Dacă se întîmplă ca la suprafață să se producă o fisură, apa epiglacială sub presiune se revarsă prin ea. Apa se prăvale în șuvoi pe pantă, înghețînd repede. Apariția repetată a fisurilor duce la formarea unor uriașe limbi de gheață pe suprafața pantei. Uneori apa care se revarsă formează o platoșă compactă de gheață pe o anumită porțiune de pămînt. Fenomenul acesta a căpătat denumirea de *strate de gheață superficiale terestre*.

Sînt dese cazurile cînd apa, în căutarea unei ieșiri, răbufnește cu putere în spațiul dintre planșeul caselor și sol, inundîndu-l și ridicîndu-se în primul cat al clădirii. Casele care au avut de suferit după urma acestui fenomen arată cam în felul următor: din toate ferestrele și ușile lor se revarsă torente de gheață în șuvoi larg (fig. 120).

Stratele de gheață superficiale se formează de asemenea lîngă izvoarele permanent active ale apelor subterane. În unele cazuri aceste formațiuni glaciare pot să ajungă la dimensiuni mari.

La fel de des se întîlnesc în Siberia *strate de gheață superficiale fluviale*. Formarea lor este legată de ac-

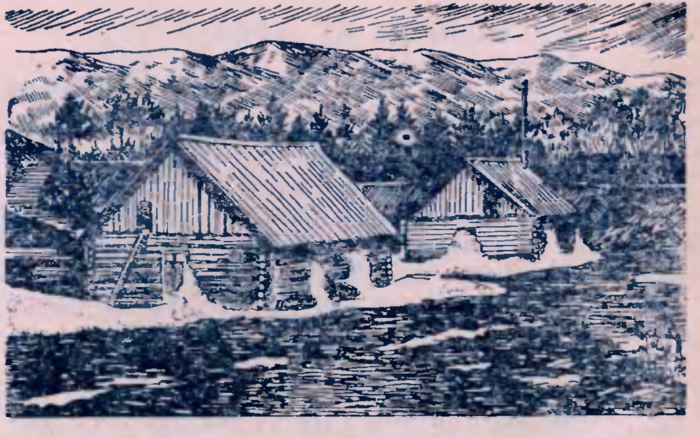


Fig. 120 — Strat de gheață superficial care a inundat casele (după B. Demcinski).

tivitatea rîurilor. Majoritatea rîurilor se acoperă cu un înveliș de gheață încă din luna octombrie. Gerurile devin pe zi ce trece tot mai mari. Învelișul de gheață crește repede. Apele rîurilor sînt tot mai strîmtorate și înaintează din ce în ce mai anevoios. Strînse într-un cleşte de gheață, ele caută cu energie o ieșire. De îndată ce dau de o porțiune mai slabă în învelișul de gheață, apele o străpung cu presiunea lor și se revarsă în afară. În multe cazuri sub presiunea apei se formează la început pe suprafață o movilă de gheață, care apoi se sparge cu un zgomot puternic, revărsînd o masă de apă. Șuvoiul de apă curge pe o mare întindere și inundă malurile. Înghețînd, apa formează un strat de gheață superficială fluvială.

Straturi de gheață superficială deosebit de mari se formează prin acțiunea comună a apelor subterane și a apelor fluviale. Formațiuni de tipul acesta pot să acopere teritorii imense, a căror suprafață măsoară zeci și sute de mii de metri pătrați. Se întîlnesc unele formațiuni ale căror dimensiuni ating kilometri pătrați. Sînt cunoscute strate de gheață superficiale uriașe, cu o suprafață de aproape 20 de kilometri pătrați. Grosimea obișnuită a stratelor de gheață superficiale variază în limitele a cîțiva metri. Uneori ea ajunge pînă la 0,5 kilometri.

În stratul de gheață superficială se produc din cînd în cînd crăpături. Crăparea este însoțită de adevărate explozii, în timpul cărora sloiuri de gheață de zeci și chiar de sute de tone zboară la zeci de metri, în toate părțile.

Formarea stratelor de gheață superficială provoacă deseori pagube mari. Ele avariază și chiar distrug cu desăvîrșire podurile și casele pe care le întîlnesc în drum. Din pricina stratelor de gheață superficiale au foarte mult de suferit drumurile.

În acțiunea pentru combaterea acestui fenomen există posibilitatea să se stăvilească mișcarea stratelor de gheață superficiale. În unele cazuri lucrul acesta se poate realiza ridicînd în calea lor un val de zăpadă.

Intocmind în sectorul primejdios obstacole pentru reținerea zăpezii, se poate preveni formarea stratelor de gheață superficiale. Un strat de zăpadă suficient de mare reprezintă o protecție sigură împotriva congelării profunde a stratului activ. Intr-o serie de cazuri este necesar ca stratele de gheață superficiale să fie înlăturate urgent. Atunci ele sînt aruncate în aer.

Lupta împotriva formării stratelor de gheață superficiale care distrug drumurile se desfășoară în modul următor. Pe o porțiune de deasupra drumului respectiv se așază centuri de îngheț (așa se numesc sectoarele de teren golite de zăpadă, de turbă, mușchi sau gazon). De-a lungul acestei centuri terenul îngheață adînc. Uneori pentru formarea centurii de îngheț se face un mic șanț care accelerează congelarea. In fața acestui strat de protecție constituit dintr-un teren înghețat se formează un strat de gheață superficial, dar el nu mai prezintă nici un pericol pentru drum.

Omul a reușit să oblige stratele de gheață superficiale să slujească scopurilor sale. Ele pot fi folosite în locul unor baraje voluminoase, costisitoare. Să presupunem că este necesar să avem o rezervă de apă pentru activitatea unei întreprinderi. Pentru aceasta ar trebui să se facă un lac de acumulare. S-a constatat că în regiunea terenurilor permanent înghețate apa o poate furniza stratul de gheață superficial. In acest scop se alege un loc anumit, mai jos, al terenului. In drumul torentului de ape subterane se face o centură de îngheț. După un anumit timp aici se formează un strat de gheață superficial. Cantitatea de apă cuprinsă în acest strat poate să ajungă nu numai pentru primăvară, ci și pentru vară. Colectînd apa topită vom avea o sursă artificială de alimentare cu apă.

Un alt folos pe care îl aduc stratele de gheață superficiale este acela că ele constituie un indicator sigur al ivirii la suprafață a apelor subterane.

La suprafaţa unei depresiuni închise, acoperite de pădure, în zilele de iarnă apare o movilă ciudată. La început ea este mică, dar după un timp creşte pînă la 2 metri. O forţă oarecare ridică pămîntul, strîmbă copacii. Trec zilele, şi movila creşte. Iată că a ajuns la o înălţime de 15 metri. Copacii din sectorul respectiv s-au aplecat în direcţii diferite. Geologii numesc această dispunere haotică a pădurii „pădure ameţită". În cazul de faţă pădurea „a ameţit" din cauza unei forţe colosale care împinge de jos suprafaţa pămîntului.

Formaţiunea rezultată se numeşte hidrolacolit, sau, în limba iakută, *bulgunneah.*

Cum se formează ea ? Ce forţă face ca suprafaţa pămîntului să se ridice ?

Fapt este că datorită congelării stratului de teren superficial, apa epiglacială este strînsă ca într-o menghine. Presiunea ei hidrostatică atinge 40—60 de atmosfere. Sub acţiunea ei, solul de la suprafaţă începe să se ridice, formînd o movilă.

Hidrolacolitele — bulgunneahi din regiunile nordice ale Siberiei ating dimensiuni mari. Înălţimea movilelor formate ajunge în unele cazuri de 20—40 de metri (fig. 121). Diametrul movilelor poate fi în acest caz de 80—100 de metri.

Dacă am încerca să tăiem un bulgunneah, am putea vedea următoarea structură: sus el este totdeauna acoperit cu turbă sau gazon. după care urmează un strat de teren de 1,5—2,5 metri care acoperă masivul de gheaţă extrem de pură. În interiorul hidrolacolitului există totdeauna apă. Aceasta este temeinic comprimată şi de aceea are presiune.

Sînt cazuri cînd hidrolacolitul se sparge cu zgomot şi apa ţîşneste vijelios prin fisura formată pe panta lui. Îngheţînd, ea formează *stratul de gheaţă superficial terestru.*

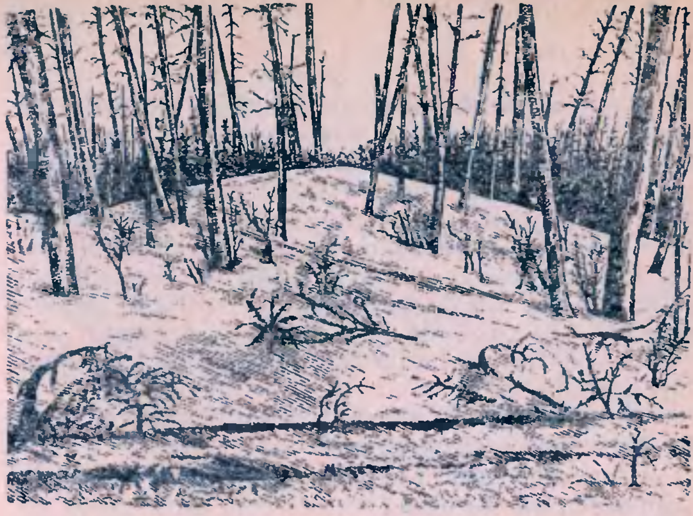


Fig. 121 — Bulgunneah.

Hidrolacolitele sînt cunoscute în Uralul de nord. Ele se întîlnesc și în America de Nord, unde sînt denumite *pingo*.

Formarea hidrolacolitelor în sectoarele acoperite de construcții sau de drumuri provoacă distrugeri apreciabile.

Mijloacele pentru combaterea formării movilelor de gheață sînt multiple. Baza tuturor însă este schimbarea condițiilor de circulație a apelor subterane epiglaciale.

ALTE FENOMENE LEGATE DE ÎNGHEȚ

O adevărată calamitate a aerodromurilor, a autostrăzilor și a căilor ferate este ridicarea terenurilor, care se produce în condițiile înghețării lor sezoniere.

Prima ridicare a unui teren intens umectat apare chiar de la începutul iernii, constînd din ridicarea pe alocuri a unor movile. Înălţimea acestora oscilează de la cîţiva centimetri pînă la un metru. Ridicîndu-se treptat, aceste movile ating dimensiunile cele mai mari în toiul iernii. O dată cu venirea primăverii ele descresc şi în locul lor se formează gropi umplute cu noroi.

Din cauza ridicării terenurilor, îmbrăcămintea de asfalt şi de beton a drumurilor se deformează, căile ferate se distrug. Deseori prin acţiunea ridicării sînt aruncate afară din teren obiectele mari: stîlpi, pietre etc. (fig. 122). Într-o ţară nu prea mare cum este Norvegia, în fiecare an ca rezultat al împingerii terenurilor sînt scoase din uz 300 de kilometri de cale ferată. În S.U.A., din cauza acestui fenomen au foarte mult de suferit drumurile din statele Wisconsin, North Dakota, Nebraska, Idaho.

Inginerii de drumuri desfăşoară cu succes acţiunea pentru combaterea formării ridicăturilor datorate îngheţului.

Cea mai bună dintre metodele aplicabile este desecarea terenurilor, în care scop se pune la punct abaterea apelor de ploaie şi a celor subterane de la terasamentul căii.

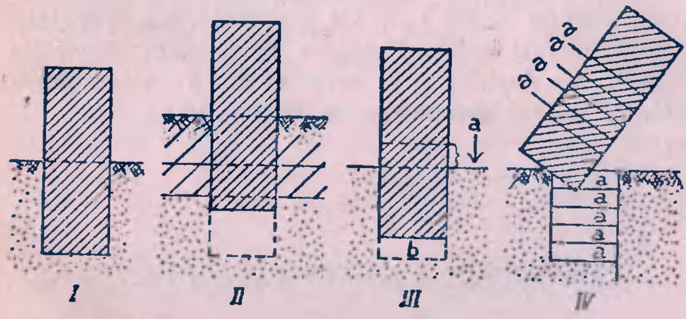


Fig. 122 — Schema împingerii (îngheţării) unor obiecte mari în condiţiile îngheţării şi topirii unor roci afinate umede (după I. D. Belokrîlov).

I — poziţia iniţială, *II* — împingere la îngheţ, *III* — îndesare la topire, *a* — mărimea deformării sezoniere, *b* — cavitate umplută cu mîl, *IV* — stîlp aruncat afară.

In sectoarele supuse în mod deosebit ridicărilor este necesar ca terenurile argiloase, extrem de predispuse la umflare, să fie înlocuite cu altele pietroase-nisipoase.

În ultima vreme pentru protecția terenurilor împotriva ridicării datorită înghețului se folosește cu succes introducerea în compoziția lor a unei soluții de clorură de calciu. Un teren care conține un mic adaos (1—2%) din această sare îngheață nu la 0 grade, ci la minus 10—12 grade. Acest lucru duce fie la o totală prevenire a ridicării, fie la o manifestare destul de neînsemnată a acesteia.

Să ne oprim asupra caracteristicii a încă unui fenomen — *termocarstul*. După aspectul exterior el se manifestă prin scufundări de teren și formarea unor pîlnii umplute cu apă.

Termocarstul ia naștere în sectoarele unde se topesc ghețurile îngropate în pămînt. Deasupra golurilor formate se produce o prăbușire a suprafeței: din această cauză este periculos a se construi pe astfel de sectoare.

In regiunile „veșnic înghețate", după venirea primăverii se observă încă un fenomen: terenurile situate în pantă încep să se topească, se subțiază și își pierd stabilitatea. Sub acțiunea greutății, această masă lichidă alunecă în jos, pe pantă. La suprafață rămîn ieșituri, șanțuri și alte accidentări. Acest fenomen de deplasare și amestecare a orizonturilor solului poartă denumirea de *solifluxiune.*

„INGHEȚUL VEȘNIC" ESTE INVINS

Inainte de a construi pe un teren din „stratul veșnic înghețat" este necesar să ne gîndim bine și să cîntărim toate circumstanțele. Cu acest prilej este util să ne aducem aminte de proverbul rusesc: măsoară de șapte ori și taie o dată.

Să ne oprim acum asupra problemei stabilității terenurilor permanent înghețate. Pentru aceasta este important să clarificăm dacă toată apa din ele se găsește sub formă de gheață.

Pînă nu demult această problemă nu stîrnea îndoieli. Omul de știință sovietic N. A. Țîtovici, îndoindu-se de exactitatea unui astfel de răspuns, a descoperit, după o îndelungată activitate minuțioasă, că în terenurile înghețate apa se menține în stare lichidă chiar și în cazul unor temperaturi relativ joase. Ea formează pelicule dintre cele mai subțiri care înconjoară particulele coloidal-disperse. Temperatura la care îngheață apa este de la —30 la —40 de grade.

În continuare, N. A. Țîtovici a stabilit că rocile înghețate pot să suporte presiuni foarte mari, dar cu o singură condiție: presiunea trebuie să fie de scurtă durată.

Experiențele au arătat că terenul înghețat este în stare să suporte o sarcină de 150 000 de kilograme pe metru pătrat dacă acționează scurt.

Situația se schimbă net în cazul cînd această sarcină va fi permanentă: terenul înghețat va începe să curgă ca un lichid. Lucrul acesta se explică prin faptul că în compoziția terenului înghețat există apă lichidă.

În consecință, mărimea sarcinii admisibile trebuie să fie mult mai mică. De obicei valorile ei nu depășesc 2 500—6 000 de kilograme pe metru pătrat.

Ce se va întîmpla însă dacă terenul înghețat se va topi?

În acest caz din starea solidă de monolit el trece într-o starea afînată și fluidificată. Clădirile construite pe un teren înghețat vor suferi tasări mari. Sînt dese cazurile cînd are loc o presare a terenului lichid, dezghețat de sub fundament, care duce la distrugerea clădirilor. Datorită asemănării exterioare cu tasarea din terenurile constituite din loess, acest proces a căpătat de asemenea denumirea de tasare.

Problema complicată a construcției pe terenurile înghețate a fost rezolvată cu succes de oamenii de știință și inginerii sovietici. În regiunile cu un strat gros de „îngheț veșnic" au fost construite orașe întregi ca Igarka, Norilsk, Vorkuta, cu clădiri de toată frumusețea, care, cu mici excepții, stau neclintite.

În anul 1936, în Uniunea Sovietică a fost construită pentru prima oară în lume în regiunea „înghețului veșnic" o termocentrală în orașul Iakutsk. Fundația termocentralei se află într-un teren permanent înghețat, cu un mare conținut de gheață. De atunci sînt zeci de ani de cînd această termocentrală funcționează cu succes.

Această izbîndă devine și mai grăitoare dacă ținem seama că acum vreo 30—35 de ani se întîmpla rar ca o clădire construită în regiunile „înghețului veșnic" să reziste 4-5 ani.

Cum s-a reușit să se obțină astfel de succese? Răspunsul este cît se poate de simplu: printr-o muncă susținută. Geologii și constructorii au irosit multe eforturi și energie pentru studierea înghețului, în schimb ei au izbutit să obțină rezultate strălucite.

În zilele noastre construcțiile în regiunile de „îngheț veșnic" sînt precedate de minuțioase cercetări tehnico-geologice asupra teritoriului respectiv.

Numai înarmați cu date geologice constructorii pot începe să proiecteze și apoi să construiască.

Să facem cunoștință cu metodele folosite pentru construirea caselor în regiunile cu „îngheț veșnic".

Dacă grosimea terenurilor permanent înghețate este suficient de mare (de peste 10 metri), se folosește pe scară largă metoda de construcție cu menținerea stării înghețate a terenurilor. Această metodă se aplică la edificarea imobilelor de locuit și a clădirilor publice, precum și a multor construcții industriale.

Dar cum se poate menține sub clădiri starea înghețată a terenurilor? În acest scop se folosește amenajarea fundaţiilor cu aerarea spaţiului dintre planşeu şi sol. Casele sînt construite în aşa fel, încît aerul rece să poată circula liber prin orificiile lăsate între pardoseala parterului şi teren (fig. 123).

Această metodă a fost elaborată şi aplicată de constructorii ruşi încă din secolul al XIX-lea. Mînăstirea construită în felul acesta în Iakutsk stă şi astăzi temeinic, neclintită. Constructorii sovietici au fundamentat teoretic această metodă şi au folosit-o pentru construirea multor edificii şi oraşe întregi (Norilsk, Igarka etc.). Toate conductele de apă, canalizare şi încălzire sînt atîrnate pe plafonul spaţiului dintre planşeu şi teren sau se montează în galerii subterane speciale.

Pentru menţinerea îngheţului permanent sub construcţiile industriale cu hale de cazane este necesar să se introducă artificial aerul rece în terenurile fundaţiei.

Se naşte întrebarea : cum trebuie să se construiască în cazul cînd grosimea stratului îngheţat din teren este relativ mică, mai mică de 7—10 metri ?

Aici vine în ajutor metoda topirii prealabile a terenurilor îngheţate. Lucrul acesta se poate realiza folosind căldura soarelui. Este destul să scoatem în timpul verii stratul superior al terenului supus încălzirii (muşchi, gazon, litieră, turbă) şi să-l lăsăm să se topească. În timpul iernii în acest sector se face

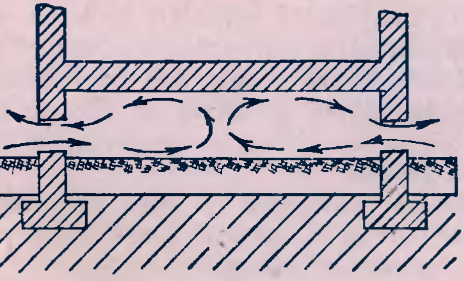


Fig. 123 — Schema aerării spaţiului dintre planşeu şi sol la construcţiile pe terenuri îngheţate.

reținerea zăpezii. Aceasta la rîndul său încălzește suprafața terenului. Prin metoda aceasta, în doi-trei ani se asigură o dezghețare a unui strat de 5—6 metri de teren înghețat.

În nisipuri și terenuri argiloase topirea se poate face și cu ajutorul aburului fierbinte. În acest scop se folosesc țevi, care sînt introduse în teren și prin care se lasă să treacă abur fierbinte. În felul acesta se reușește să se dezghețe terenurile pînă la o adîncime de 7—10 metri.

Deseori terenul dezghețat se lichefiază și trebuie ulterior consolidat.

Dacă condițiile construcției și terenurile eterogene duc inevitabil la mari tasări neuniforme ale clădirilor, inginerii trebuie să le construiască în așa fel încît ele să nu fie periclitate. Știința și tehnica au găsit căile și metodele pentru a supune terenurile permanent înghețate.

VIITORUL GEOLOGIEI INGINEREȘTI

Prezentul geologiei tehnice este interesant și captivant. Mii de surprize îl așteaptă pe om în lupta lui cu natura. Există surpături de teren, grandioase alunecări, avalanșe catastrofale, puternice cutremure, nisipuri mișcătoare și alte zeci de fenomene.

Geologia tehnică a izbutit să rezolve multe probleme legate de ridicarea construcțiilor în condiții naturale grele.

In fiecare construcție — baraj, bloc de locuințe, drum, tunel etc. — se află întotdeauna prezentă și munca inginerului geolog.

Geologia tehnică este o știință nouă. Evoluția ei este strîns legată de progresul tehnicii construcțiilor și al domeniilor de cunoștințe geologice. Edificiile se construiesc cu atît mai greu și mai complex cu cît condițiile care se pun terenurilor sînt mai numeroase. Cu cît mai adînc pătrund mineralogii, petrografii si geologii în tainele rocilor și în istoria dezvoltării lor, cu atît mai temeinică este cunoașterea terenurilor, cu atît mai sigur le folosim în scopurile construcțiilor.

Multe probleme foarte complicate își așteaptă rezolvarea în viitor.

Cu fiecare zi dezlegăm mai multe enigme ale mării, aflînd tot mai mult despre regimul și populația ei. Cu toate acestea, deocamdată nu avem o idee unitară asupra vieții oceanelor. Omul trebuie să cucerească și să folosească în scopurile sale nu numai suprafața mării, ci și fundul marin. In fața geologiei tehnice se pune problema studierii mediului marin și a fundamentului mării.

Tot atît de importantă și de interesantă este problema studiului oscilațiilor anuale și în mai mulți ani ale suprafeței pămîntului, care se pune în fața geologiei tehnice în legătură cu crearea unor instalații și aparate de înaltă precizie. Este o problemă foarte complicată, dar, fără îndoială, realizabilă, și oamenii de știință au și trecut la soluționarea ei.

Una dintre cele mai importante probleme ale geologiei tehnice este studierea proprietăților terenurilor din care este alcătuită suprafața Lunii și a planetelor. Zborul în Cosmos al primilor cosmonauți sovietici constituie o realizare care ne convinge că nu mai este atît de departe timpul cînd va fi nevoie să se rezolve problema : pe ce suprafață vor trebui să aterizeze navele cosmice.

Oamenii de știință încearcă să rezolve această problemă deocamdată pe o cale indirectă, studiind proprietățile reflectoare ale suprafețelor planetelor. O mare importanță pentru rezolvarea acestei probleme revine lansărilor izbutite ale rachetelor cosmice sovietice.

Un anumit rol în studierea terenurilor planetelor trebuie să-l aibă geologia tehnică, şi în special o parte a ei — studiul terenurilor.

S-ar putea spune multe lucruri referitoare la perspectivele de dezvoltare ale geologiei tehnice, dar ne vom limita la cele de mai sus. În faţa acestei ştiinţe, ca şi în faţa altor domenii ale cunoaşterii stă o sarcină nobilă — a înlesni eforturile omenirii în calea spre culmile strălucite ale viitorului luminos al umanităţii, spre comunism.